

¿Cómo pueden ser **sostenibles** las ciudades conectadas?

Eduard J. Álvarez-Palau
Jacob Cirera Val
Mireia Hernández Asensi
Marc Montlleó Balsebre
José M. Subero Munilla

PID_00226986



H2PAC

¿Cómo pueden ser sostenibles las ciudades conectadas?

Eduard J. Álvarez-Palau
Jacob Cirera Val
Mireia Hernández Asensi
Marc Montlleó Balsebre
José M. Subero Munilla

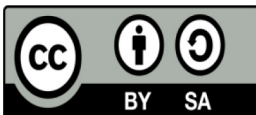
PID_00226986



El encargo y la creación de este material docente han sido coordinados por la profesora: Mirela Fiori (2015)

Primera edición: octubre 2015

Autoría: Eduard J. Álvarez-Palau, Jacob Cirera Val, Mireia Hernández Asensi, Marc Montlleó Balsebre, José M. Subero Munilla
Licencia CC BY-SA de esta edición, FUOC, 2019
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona
Realización editorial: FUOC



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de ReconocimientoCompartir igual (BYSA) v.3.0 España de Creative Commons. Se puede modificar la obra, reproducirla, distribuirla o comunicarla públicamente siempre que se cite el autor y la fuente (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), y siempre que la obra derivada quede sujeta a la misma licencia que el material original. La licencia completa se puede consultar en: <http://creativecommons.org/licenses/bysa/3.0/es/legalcode.ca>

Índice

- 5 Presentación
- 9 **¿Qué elementos o principios básicos se debería retransmitir a un equipo multidisciplinar para poder planificar un barrio integrado y sostenible?**
- 11 Ecobarrios Hammarby y Royal Seaport en Estocolmo y Vallbona en Barcelona
- 41 **¿Cómo podemos comprobar si son adecuadas las redes de servicios urbanos a las necesidades de nuestros territorios?**
- 43 Urbanización y servicios urbanos en la ciudad de Barcelona.
El caso del Passeig de Sant Joan
- 69 **¿Cómo podemos valorar la eficiencia de una red de transporte público?**
- 71 Análisis de la red de transporte ferroviario de la región metropolitana de Barcelona

Presentación

¿Cómo pueden ser sostenibles las ciudades conectadas? ofrece al lector una breve selección de estudios de caso representativos de los contenidos tratados en la especialización **Ciudades y territorios sostenibles** del **Programa Ciudad y Urbanismo** de la Universitat Oberta de Catalunya.

El objetivo es aportar conocimientos teóricos, así como instrumentos y métodos utilizados para gestionar el medio ambiente, el territorio y las infraestructuras de transportes, movilidad y servicios urbanos, siempre teniendo en cuenta la reducción del impacto ambiental, la preservación de la biodiversidad en áreas metropolitanas, el incremento de la eficiencia de los diferentes vectores ambientales y una mayor adaptabilidad frente a los procesos globales de cambio ambiental.

Estamos ante una crisis ecológica que pide un cambio de modelo basado en conceptos como la equidad, la solidaridad o la igualdad; en definitiva, la sostenibilidad.

Los estudios de caso aquí presentados pretenden contribuir a este reto, aportando una visión crítica de las realidades urbanas, criterios ético-políticos para orientar las propuestas de intervención y gestión, pistas que ayuden a tomar decisiones y ejemplos que expongan modos de hacer, comunicar, negociar y ejecutar.

Cada caso propone un reto que el lector puede intentar resolver antes de su lectura:

- Caso 1. ¿Qué elementos o principios básicos se debería retransmitir a un equipo multidisciplinar para poder planificar un barrio integrado y sostenible?
Aquí se presentan tres buenos referentes de la planificación pluridisciplinar con criterios ambientales: los ecobarrios Hammarby y Royal Seaport en Estocolmo y el de Vallbona en Barcelona.
- Caso 2. ¿Cómo podemos comprobar si son adecuadas las redes de servicios urbanos a las necesidades de nuestros territorios?
El caso se centra en la urbanización y servicios urbanos del Passeig de Sant Joan de Barcelona.
- Caso 3. ¿Cómo podemos valorar la eficiencia de una red de transporte público?
En este caso, se hace un análisis de la red de transporte ferroviario de la región metropolitana de Barcelona.

La resolución de los casos se encuentra dentro de cada uno de los estudios, tanto en forma de resumen como de conclusión al final de los mismos.

**¿Qué elementos
o principios básicos
se debería retransmitir
a un equipo
multidisciplinar para
poder planificar un barrio
integrado y sostenible?**

Jacob Cirera Val
Marc Montlleó Balsebre

Ecobarrios Hammarby, Royal Seaport en Estocolmo y Vallbona en Barcelona

1.1. Introducción

El mundo es mayoritariamente urbano; ya hace unos años que la población humana dejó de ser mayoritariamente rural y pasamos a tener a más del 50% de la población en áreas urbanas. Las previsiones van en aumento según Naciones Unidas, ya que en el año 2050 el 66% vivirá en ciudades. La evolución a lo largo del siglo xx y xxi ha sido espectacular: en 1930 solo el 30% de la población mundial vivía en ciudades, y en menos de cien años le hemos dado la vuelta.¹

Las ciudades son también los motores que mueven la economía global, son demandantes de energía, recursos, materias primas y las principales emisoras de gases de efecto invernadero. Por consiguiente, plantear este –al parecer– inevitable crecimiento urbano de manera más racional, menos impactante, más sostenible en la utilización de recursos (suelo, agua, materias primas, etc.) es, sin lugar a duda, uno de los retos a los que se enfrenta la humanidad.

Ya hace años que han surgido distintas iniciativas, ya bien sea de carácter demostrativo o como posibles nuevos modelos de desarrollo urbano, de barrios sostenibles, ecobarrios, *green neighbourhoods*, ecodistritos y un largo sinfín de etiquetas. Una de las posibles críticas es: ¿cuánto hay de *marketing*, *branding*, en estos barrios?

¹ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)*.

El planteamiento de todos ellos es ser eficientes en el uso de recursos, pero muchos de ellos son barrios experimento. No suelen estar imbricados en la trama urbana. Normalmente hay más ejemplos de ecobarrios en países nórdicos y anglosajones, y todos suelen presentar bajas densidades si los comparamos con otras realidades. Suelen tener pocas viviendas por hectárea así como pocos habitantes por km². No hay que desmerecerlos tampoco, ya que hoy por hoy son modelos en prueba, experiencias de las que aprender, donde testar modelos, probar tecnologías, procesos, etc.

El reto reside en la superficie urbana ya existente: ¿cómo mejoramos las prestaciones ambientales de los tejidos, algunos de los cuales con siglos de historia? Por otro lado, ¿cómo pasamos de estos barrios prototipo a incorporar los aspectos ambientales en cualquier tipo de transformación urbana? El desarrollo urbano debe considerar de manera holística la sostenibilidad en cualquier proceso de transformación, rehabilitación o desarrollo. Los aspectos ambientales no pueden ser un mero trámite administrativo, deben ser un elemento troncal en la manera de hacer ciudad.

1.2. Concepto de ecobarrio

No existe ninguna definición ampliamente aceptada del término *ciudad sostenible*, y al igual que ha pasado con el concepto de *desarrollo sostenible*, existen muchas interpretaciones sobre qué características deberían estar presentes para que una ciudad se considere sostenible. Tampoco hay una definición estándar de *ecobarrio*.

Asimismo, también son muchos los criterios y los indicadores desarrollados para evaluarla. A continuación se describen algunas definiciones de organismos internacionales al respecto.

El organismo internacional de referencia en el campo de la sostenibilidad urbana, el International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI), define una ciudad sostenible como aquella que:

«Satisface las necesidades sociales y económicas de los habitantes de las ciudades respetando los sistemas naturales locales, regionales y mundiales. Solucionando, cuando sea posible, los problemas en su entorno en lugar de trasladarlos a otro lugar o dejarlos como herencia para las generaciones futuras».

Otras definiciones del término son la que ofrece el Centro de Excelencia para el Desarrollo Sostenible:

«Una ciudad sostenible se crea a través del esfuerzo deliberado para asegurar que el desarrollo de comunidad no solo realce la economía local, pero también el ambiente local y calidad de vida»,

y el Centro Internacional para Ciudades Sostenibles:

«Una ciudad sostenible realiza e integra el bienestar económico, social, cultural y medioambiental de generaciones actuales y futuras».

De estas y otras definiciones se desprenden los siguientes principios sobre cómo debe ser una ciudad sostenible:

- El desarrollo de una ciudad sostenible debe ser algo compatible con los sistemas ecológicos locales, regionales y global, que permita una herencia para las generaciones futuras no condicionada por nuestras actividades actuales, y que suponga tener en cuenta, sobre todo, la búsqueda de la equidad en los tres niveles mencionados.
- Debe satisfacer las necesidades sociales y económicas de los habitantes de un barrio respetando los sistemas naturales locales, regionales y mundiales.
- Debe solucionar, cuando sea posible, los problemas en su entorno en lugar de trasladarlos a otro lugar o dejarlos como herencia para las generaciones futuras.
- El desarrollo de la ciudad sostenible es aquel que favorece los servicios ambientales, sociales y económicos básicos a todos los miembros de una comunidad sin poner en peligro la viabilidad de los entornos naturales, artificiales y sociales de los que dependen.

- Una ciudad sostenible debe reducir el uso de recursos y minimizar la generación de emisiones, en un marco de igualdad y bienestar social.
- El desarrollo de la ciudad sostenible debe tener en cuenta la capacidad de carga local y global del medio y promover el aumento de su complejidad y de la diversidad funcional del sistema.

Es en concordancia con estas definiciones y principios que se propuso una definición propia para el ecobarrio de Vallbona:

«El futuro barrio de Vallbona se desarrollará bajo criterios de eficiencia ambiental y energética, optimizando la utilización de recursos locales (sol, agua, verde y residuos) y minimizando sus emisiones, incrementando la calidad de vida y respetando el entorno. Para alcanzar un barrio integrado en su entorno hay que incorporar los condicionantes de partida y hacerlos virtud. A su vez muchos de los sistemas de ahorro y eficiencia planteados requieren de una gestión integrada que permita garantizar los objetivos socioambientales fijados».

A continuación se describen dos buenos ejemplos de la reconversión de tejidos urbanos y la planificación sostenible, los casos de Hammarby y del Royal Seaport, en Estocolmo. En el caso de Hammarby, un barrio ya prácticamente ejecutado, y en el caso del Royal Seaport, un proyecto de barrio aún por desarrollar.

Un tercer ejemplo es el caso del ARE (Áreas Residenciales Estratégicas) de Vallbona, en Barcelona, que no se llegó a desarrollar, pero que se planteó como uno de los primeros ecobarrios de la ciudad. En este caso se trataba de una transformación de suelo que en estos momentos se utiliza como zona agrícola, pero que urbanísticamente son reservas ferroviarias, viarias y equipamientos metropolitanos mayoritariamente.

Explicamos brevemente el contexto y los principios básicos de estos tres ejemplos. Los tres son buenos referentes de la planificación pluridisciplinar con criterios ambientales.

1.3. Hammarby

El modelo de Hammarby fue creado para dar una visión holística del desarrollo de un distrito de la ciudad. Ofrece una clara visión del programa ambiental del distrito y su implementación en condiciones reales. El modelo está conformado por las soluciones infraestructurales y sistemas técnicos orientados al ciclo ecológico que determinan el perfil ambiental de Hammarby Sjöstad.

Figura 1



El objetivo global ambiental es que el impacto del barrio en términos de emisiones sea como mínimo un 50% inferior al nivel correspondiente a las zonas de nueva construcción en Estocolmo en los años noventa. En el sector energético el objetivo es producir combustibles renovables, biogás y reutilizar el calor residual juntamente con la eficiencia en el consumo energético de los edificios (www.hammarbysjostad.se). El modelo engloba climatización centralizada, sistema de saneamiento, producción de biogás y tratamiento de agua residual.

El resultado es un distrito urbano de alta calidad, con soluciones técnicas buenas e incluso excepcionales, buen transporte público y

un aparador de estilos de vida ambiental y climáticamente amigables. De la experiencia destaca la importancia de tener una visión y objetivos claros. La implementación se debe combinar con medidas de seguimiento para garantizar una buena implementación. Lo más importante es una implicación desde el principio de todos los agentes implicados e informar a los habitantes de las soluciones.

Figura 2



El modelo de Hammarby Sjöstad utiliza la aproximación de *ecomodelo*. Se trata de desarrollo sostenible, remarcando el incremento de eficiencia energética y el uso de energías renovables (biogás, solar) para mitigar el cambio climático a través de la colaboración público-privada y triple hélice. Incluye la influencia en los cambios de comportamiento relativos al uso de recursos y el transporte.

El financiamiento de prácticamente toda la infraestructura del distrito proviene principalmente de la ciudad de Estocolmo. El coste total de inversión por infraestructuras es de aproximadamente 3.900 millones de euros, de los que 550 millones son inversión pública. Se desconoce qué proporción de esta inversión está relacionada con el modelo de ecociclo.

La iniciativa del gobierno sueco del Programa de Inversión Local, realizado entre 1998 y 2004, fue un incentivo para la implementación del modelo de Hammarby. A raíz de este programa se hicieron grandes inversiones en la ciudad, un 75% de las cuales realizadas por promotores.

Figura 4



Criterios ambientales desarrollados por temáticas:

Energía

- Los residuos combustibles se convierten en sistemas de calefacción centralizados y electricidad.
- El calor residual del agua tratada se convierte en un sistema de centralizado de frío/calor.
- La energía solar se convierte en electricidad o se utiliza para calentar agua.

Agua

- Se ha construido una planta piloto de tratamiento de aguas residuales para evaluar nuevas técnicas de tratamiento.
- Se extrae biogás de los lodos de las aguas residuales.
- Se realiza un tratamiento local del agua pluvial de las calles y los tejados y luego se drena hacia canales y lagos de los parques del barrio.

Residuos

- Un sistema de recogida neumática de residuos reduce el transporte y facilita la clasificación de residuos.
- Introducción de espacios de reciclaje en edificios, y áreas de reciclaje en la calle.
- Todo el material susceptible de ser reciclado es reciclado.

Figura 5



1.4. Royal Seaport

Con el proyecto de Stockholm Royal Seaport (SRS), la ciudad de Estocolmo se planteó transformar una antigua zona industrial portuaria de 236 ha en un distrito sostenible de la ciudad con 12.000 nuevas viviendas y 30.000 puestos de trabajo. El proyecto se construyó con la experiencia previa del ecobarrio de Hammarby Sjöstad. La ciudad elaboró un concepto de perfil ecológico muy ambicioso, con diseño y tecnología que facilita la elección del estilo de vida y trabajo sostenible de los habitantes y empresas.

Para el éxito del proyecto es importante tener una organización clara con distintas responsabilidades y una fuerte colaboración entre promotores y ciudadanos, y también universidades.

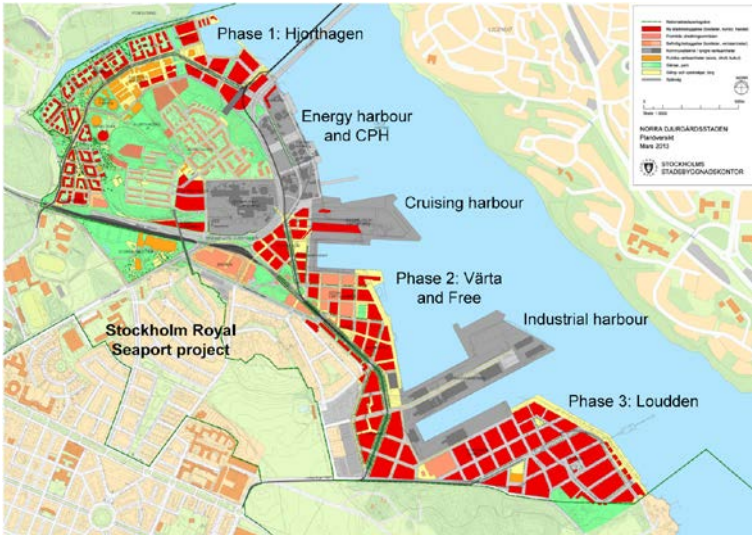
Figura 6



El programa global de medio ambiente y desarrollo urbano sostenible de 2010 es uno de los pilares principales del proyecto de Stockholm Royal Seaport. Los objetivos principales son construir un distrito de la ciudad climáticamente positivo, que sea libre de energía fósil en 2030 y tenga emisiones de CO₂ por debajo de 1,5 t/cápita utilizando nuevas técnicas ambientales e integrando diferentes perspectivas de desarrollo urbano. Otros objetivos relevantes son la adaptación al cambio climático, minimizar el uso de recursos (ecociclo) y limitar el impacto en la salud y el medio ambiente, así como tener una buena infraestructura verde de soporte.

El área de Stockholm Royal Seaport es una parte del centro de Estocolmo. Su frente litoral es a su vez parte de un puerto activo (con 1,5 millones de toneladas de mercancías y 4 millones de pasajeros en 2012). La figura 7 muestra las áreas y cómo se estructura con las áreas residenciales, mixtas (residencial/oficinas) y funciones portuarias e industriales. El proyecto tiene tres fases hasta 2030.

Figura 7. Esquema de planificación de Stockholm Royal Seaport



El Stockholm Royal Seaport tiene la sostenibilidad como su principal objetivo, y es ambicioso en eficiencia energética, uso de energías renovables, mitigación climática, soluciones ecocíclicas y estilos de vida sostenibles establecidos en el Programa en 2010.

El proyecto ha recibido financiamiento de diferentes programas de desarrollo e I+D suecos para desarrollar soluciones innovadoras.

El programa incluye una batería de temas que se estructuran entre «futura realización» y «objetivos operacionales», y contiene objetivos para desarrollarlos. Los temas son: espacios verdes climáticamente adaptados, sistemas energéticos sostenibles, sistemas de reciclaje, agua y saneamiento, transportes, viviendas y lugares de trabajo planteados con criterios ambientales, estilos de vida y trabajo sostenibles, así como *marketing* de técnicas ambientales y competencia.

La planificación del barrio empezó en 2000, su construcción en 2011, y se prevé el final de la explotación aproximadamente en 2030.

Se incluyen en el proyecto administraciones y compañías (como Harbour of Stockholm, Stockholm Water, City's housing companies), diferentes agentes promotores públicos y privados, consultores y arquitectos, autoridades del estado, ciudadanos y la Administración del Transporte de Estocolmo. Esto implica un trabajo conjunto, organizado y estructurado que implica desde el ámbito político hasta los promotores privados. Las responsabilidades son claras y el liderazgo lo ejerce la administración local.

En este sentido es muy importante el sistema de seguimiento continuo, con programas de medidas y verificación, *feedback* continuo de los agentes implicados y desarrollo y publicación periódica de datos y resultados.

La inversión total, incluyendo la infraestructura, es de 12.000-13.000 millones de coronas suecas.

Figura 8



1.5. Aspectos ambientales del área residencial estratégica de Vallbona, Barcelona

La Generalitat de Catalunya promovió la transformación urbanística de suelo para generar barrios eminentemente residenciales, y lo hizo mediante un plan para toda Cataluña donde se creaban **áreas residenciales estratégicas**. En Barcelona, el Ayuntamiento propuso desarrollar un ecobarrio en Vallbona. La propuesta planteaba construir un nuevo barrio incorporando el componente ambiental desde el momento inicial de su planificación.

Barcelona tiene la mayor parte de su territorio construido, disponiendo de pocas ocasiones de crear un nuevo barrio sobre un territorio que anteriormente no haya sido urbanizado. Vallbona es una de esas oportunidades: un ámbito donde se puede planificar sobre un territorio sin muchos condicionantes urbanísticos previos, teniendo como únicos condicionantes los asociados a sus características ambientales intrínsecas.

Pero Vallbona no era únicamente una oportunidad para Barcelona, sino que es una nueva aportación a los habituales diseños de los ecobarrios: es el diseño de un ecobarrio con una estructura urbanística de alta densidad.

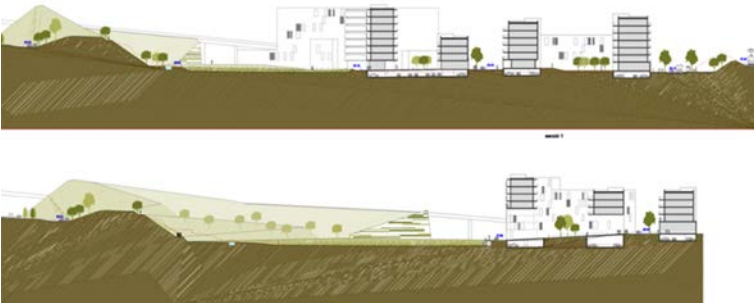
La mayoría de los barrios que se han diseñado con criterios ambientales (BedZED, Vauban, Västra Hamnen, Kronsberg, Vikki, Braamwisch, etc.) tienen unas densidades urbanísticas bajas. Este tejido de baja densidad no se corresponde ni a la disponibilidad de suelo de Barcelona, ni a sus características típicamente mediterráneas como son la elevada compacidad, la diversidad y la complejidad de actividades y usos de su espacio.

Vallbona supone la creación de 2.120 nuevas viviendas, con una densidad neta total de unas 575 viviendas/ha y con un índice neto de edificabilidad de 4,19 m² techo/m² suelo (llegando en algunos casos a PB + 9), logrando unos índices similares a los que se encuentran en el Eixample. Estas densidades son bastante superiores a la mayoría de los ecobarrios construidos hasta el momento.

Figura 9. Directrices Ambientales ARE de Vallbona



Fuente: Barcelona Regional.



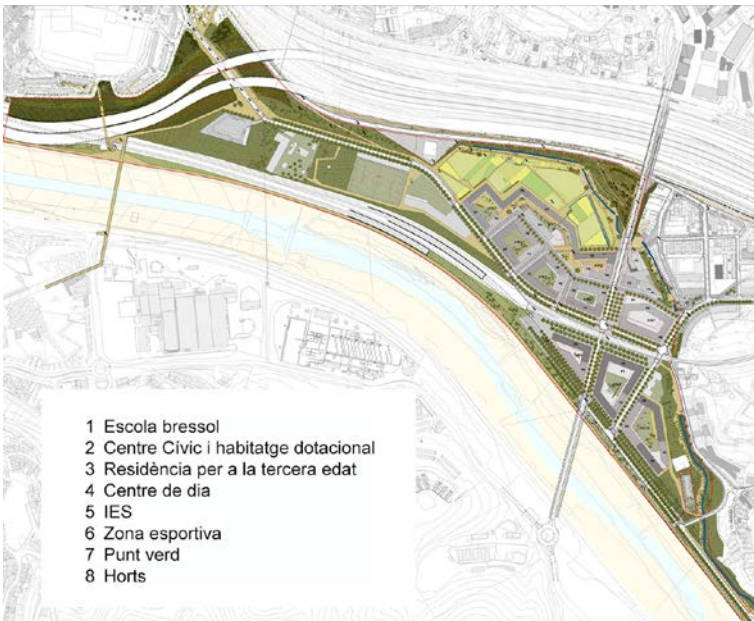
Fuente: Barcelona Regional. Directrices Ambientales ARE de Vallbona

Los principales retos fueron apostar decididamente por las medidas ambientales clave planteadas en Vallbona, superar algunas limitaciones de carácter legislativo, adaptar algunos aspectos del modelo habitual de gestión de la ciudad de Barcelona y dar un primer impulso económico a actuaciones beneficiosas para el conjunto del barrio.

Un aspecto que hay que recordar es que el barrio se planteó para ser un ARE; por consiguiente, debe cumplir con una serie de requisitos que ya venían prefijados, y, por tanto, se trataba de un barrio práctica y exclusivamente de carácter residencial (90% viviendas), lo que implica que aspectos como la mixtura de usos eran imposibles de aplicar, ya que las ARE tenían una premisa básica que era la de generar vivienda y vivienda social. En este sentido la incorporación en el ámbito de Vallbona de determinados equipamientos iba encaminada a propiciar relaciones con los barrios colindantes.

La modificación de planeamiento planteada tenía un documento ambiental propio, donde se definieron los aspectos ambientales para el ecobarrio de Vallbona, que se denominó «Directrices y criterios para la ambientalización del ARE de Vallbona». En él se describían en detalle todas las actuaciones ambientales que se planteaba implantar en Vallbona.

Figura 10. Directrices Ambientales ARE de Vallbona



Fuente: Barcelona Regional. Directrices Ambientales ARE de Vallbona

Entre estas cabe destacar las más relevantes, que son las que hubiesen podido determinar la bondad ambiental de la propuesta que se hizo para el Área Residencial Estratégica de Vallbona:

1) Minimizar la demanda de energía en el sector edificación y maximizar el uso de energías renovables locales

Vallbona fue diseñada bajo criterios de eficiencia energética, para reducir la demanda de energía y, al mismo tiempo, intentar cubrir el máximo de esta demanda con energías renovables generadas en el propio barrio.

Así, pues, para minimizar la demanda energética se estudiaron las orientaciones y volumetrías de los edificios destinados a viviendas para optimizar el asoleamiento, se minimizó la posible demanda de frío para las viviendas que disponen de elementos de protección solar en las fachadas más críticas y estableciendo crujías estrechas para favorecer la ventilación natural de las viviendas, y también se propuso alcanzar unos niveles de certificación energética de los edificios que van más allá de lo que establece la normativa.

Para el barrio de Vallbona se propuso un objetivo ambicioso de certificación energética de los edificios, que era el de lograr que el 90% de los edificios tengan una clasificación energética B, y para el 10% restante, una certificación energética A.

Según el estudio realizado específicamente para Vallbona, para alcanzar certificaciones energéticas superiores a los mínimos del CTE (ED), estas se pueden obtener mediante los estándares constructivos actuales, y lograr certificaciones CB se puede hacer con la introducción de pequeñas mejoras constructivas que prácticamente no supondrían un sobrecoste en la construcción (entre un 2-3%).

Por otra parte, con la implantación del sistema de climatización centralizada (que se explica más adelante) se ayudaría a lograr calificaciones B o A, y se podría llegar con toda seguridad a calificaciones A únicamente con pequeñas mejoras constructivas.

En los posteriores proyectos urbanísticos es donde deberían desarrollarse y detallarse los modelos de los edificios mediante las herramientas del código técnico de edificación (Calener, LIDER), y determinar qué mejoras deberían aplicarse sobre el edificio de referencia para mejorar su calificación.

Por otro lado, para maximizar el uso de energías renovables locales en Vallbona se previó implantar un sistema de climatización centralizada para suministrar calor a las viviendas, con la principal aportación a partir de la energía solar y apoyada por sistemas de generación térmica (calor y frío).

Este sistema implica disponer de instalaciones solares en las cubiertas de los edificios (con tecnología de tubos de vacío) interconectadas entre ellas a través de la red de climatización general. La red de climatización se plantea como una red troncal que alimenta (y al mismo tiempo recupera el calor proveniente de las diferentes instalaciones solares) de cada uno de los bloques o manzanas. Dentro de cada uno de estos bloques o manzanas deberá haber una distribución secundaria hasta terminar llegando a cada uno de los usuarios finales.

Para aprovechar el excedente térmico en verano se plantea la generación de frío a partir del calor sobrante de la energía solar mediante sistemas de absorción de bromuro de litio. Este frío solo se generará para los equipamientos. Por lo tanto, una de las premisas que se establecieron fue implementar un sistema centralizado que funcionara a partir de fuentes renovables y que se adecuara a la situación climática del entorno evitando consumos energéticos excesivos.

La implantación de este sistema de climatización centralizada en Vallbona permitiría cubrir con fuentes renovables el 70% de la demanda de calefacción y ACS del barrio (5936 MWh/año) y un 100% de la energía frigorífica de los edificios conectados a la red de frío (512 MWh/año). En conjunto, la cobertura solar supondría prácticamente el 72% de la energía total térmica (calor y frío) de los edificios conectados al sistema.

La implementación de este DHC hubiese supuesto un ahorro de energía primaria del 58% frente a una solución convencional, y una reducción de emisiones de CO₂ eq del 58%. Además, tal y como ya se ha mencionado anteriormente, su implantación hubiese permitido alcanzar los niveles-objetivos de certificación energética de los edificios específicos de Vallbona (por encima de lo que marca la normativa).

Una de las premisas de cálculo fue que las viviendas no dispondrían de frío. Por este motivo convenía garantizar que las viviendas incorporaran de entrada medidas pasivas como protección frente el asoleamiento, ventilación cruzada y mejores aislamientos. Hay que pensar que las directivas europeas de futuro van encaminadas a edificaciones con muy bajas emisiones y que el compromiso para el 2020 es reducir en un 20% las emisiones de CO₂. Debido a la premisa de falta de frío en todas las viviendas no se han planteado soluciones que requieran elevados consumos de combustibles fósiles, ya que otra de las ideas fuerza era la utilización de energías renovables al máximo yendo por encima de los requerimientos establecidos en las ordenanzas municipales y el CTE. El sistema de distribución propuesto alcanzaba las hipótesis de partida y garantizaba que casi todas las viviendas del barrio tuviesen una certificación energética por encima de B. A la vez, el sistema tenía una componente importante de cooperación en todo el barrio, ya que todas las edificaciones contribuyen al sistema de frío y calor y, por lo tanto, tiene un aspecto social y pedagógico.

Retos. La eficiencia energética es el aspecto ambiental verdaderamente clave de Vallbona, y más concretamente, la red de climatización centralizada. Los retos que se deberían superar para su ejecución son:

- Garantizar una primera inversión pública de la red para asegurar su viabilidad. Un primer impulso que anime al sector privado a terminar de construir y gestionar el sistema.
- Coordinar y promover que los diferentes constructores de los diferentes edificios se vayan conectando al sistema a medida que el barrio vaya creciendo.
- Promover la figura de un gestor para esta red, que se encargará de su operación, mantenimiento y facturación a sus usuarios.

- Poder pedir una certificación energética de los edificios (BA) superior a lo que establece la normativa.
- Cesión del uso de las cubiertas para la instalación de sistemas de captación solar para el sistema de climatización centralizada.

2) Diversificar las fuentes de suministro y reducir la demanda de agua

Vallbona es el emplazamiento adecuado para proponer un sistema de gestión del ciclo del agua adaptado a las características hídricas de su entorno, intentando optimizar sus recursos hídricos alternativos y reducir la demanda de agua.

En este ámbito convergen varias características que hacen posible una gestión del ciclo del agua eficiente: diferentes fuentes de abastecimiento alternativas (aguas freáticas, aguas pluviales y las aguas del Rec Comtal), el medio receptor muy próximo al barrio de Vallbona (el río Besòs), y que es una zona de nueva construcción sin ningún condicionante previo (sin red de alcantarillado existente ni urbanización).

La propuesta para Vallbona consistía en adaptar para cada uso de agua el tipo de agua que fuera más eficiente y adecuado para su uso. Así, pues, la red de agua potable serviría para cubrir la demanda de las viviendas y los equipamientos, las aguas pluviales (tras descartar el primer lavado, que tiene unos niveles de contaminación altos) y las aguas freáticas (como apoyo) se destinarían a riego de zonas verdes, limpieza de viales y limpieza del depósito antiDSU, y las aguas provenientes del Rec Comtal continuarían regando la zona agrícola de Vallbona.

Además, se planteó la construcción de un depósito antiDSU de 30.000 m³ que recogería las aguas pluviales de las cuencas de los torrentes Tapioles y Torre Baró, y que permitiría mejorar la gestión del sistema de saneamiento en episodios de lluvia y reducir el impacto del medio receptor (el río Besòs).

Para reducir la demanda de agua se propuso reutilizar las aguas grises de la mitad de las viviendas protegidas, implantar una red de riego

eficiente y un diseño de los espacios verdes adaptados a las características hídricas del entorno.

Vallbona tiene una situación privilegiada, con un medio receptor muy cercano; por lo tanto, es uno de los pocos lugares de Barcelona donde se podría plantear una gestión del ciclo del agua integrada y con un mayor grado de complejidad. La proximidad al río Besòs permite establecer una red separativa de agua, a la vez que se puede aprovechar el agua de lluvia una vez se haya descartado el agua del primer lavado de calles y superficies. El hecho de disponer de agua freática en sus proximidades (Baró de Viver) facilita integrar esta agua en el mismo depósito y garantizar el recurso en caso de no disponer de agua de lluvia. En este sentido seguramente el depósito tiene un mayor grado de complejidad que la mayoría de los depósitos implementados en la ciudad, pero la proximidad del Besòs y el hecho de poder ir un paso más allá en la gestión del ciclo del agua podrían hacer que esta complejidad sea un reto y una oportunidad.

El barrio tuvo en cuenta la disposición de superficies permeables para garantizar parcialmente la permeabilidad del mosaico agrícola. Mediante la disposición de zonas verdes y preservando 2,3 ha de los campos de cultivo se garantizaba una elevada relación de suelos permeables y suelos impermeables. Se descartaron las técnicas de drenaje urbano sostenible (TDUS) debido a que el barrio se localiza sobre el acuífero del Besòs y este tiene carácter de estratégico y está protegido; por lo tanto, el esfuerzo se centró en proponer una ocupación compacta que favoreciera la baja impermeabilización. Por otra parte, el hecho de implementar una red de pluviales con aprovechamiento hacía que la aplicación de técnicas de infiltración fuera poco necesaria.

Retos. Los principales retos en la gestión del ciclo del agua son:

- Adaptar el modelo de gestión del ciclo del agua habitual en las especificidades de Vallbona.
- Implantar una red de agua pluvial para su aprovechamiento, que a pesar de que aumenta un poco la complejidad en la gestión de la red, conlleva mejoras ambientales sustanciales.

- El diseño constructivo de los depósitos antiDSU y pluviales-freáticos (aliviaderos y derivaciones) es la clave de bóveda de toda la gestión del ciclo del agua.
- Obtener financiación para el depósito antiDSU.
- Garantizar la viabilidad de llevar a cabo la reutilización de las aguas grises.
- Elevada superficie permeable (casi 50% del suelo tiene elevada permeabilidad).

3) Calidad acústica del espacio público, y garantizar los niveles de ruido interior en las fachadas más expuestas

Vallbona es una zona con unos niveles de ruido elevados debido a la presencia de infraestructuras viarias (C-58, C-33 y C-17) y ferroviarias (las líneas de Cercanías C-3 y C-7). Estos niveles de ruido superan los límites establecidos por la normativa.

Es por ello que en el diseño del futuro barrio de Vallbona se propusieron medidas para mejorar la calidad acústica general del espacio público (mediante pantallas viarias y ferroviarias), y algunas medidas adicionales en algunas de las fachadas más expuestas para garantizar cumplir los niveles de ruido interior (evitar situar los habitáculos protegidos tipo dormitorios en las fachadas más expuestas, o mejorar los cerramientos de las fachadas expuestas).

Retos. Los principales retos para mejorar la calidad acústica de Vallbona son:

- Hacer un diseño constructivo de las pantallas viarias (de 470 m de largo por 4 m de altura) que sea compatible con los requisitos de seguridad que pide la Dirección General de Carreteras.
- Determinar el responsable de su mantenimiento.

4) Preservar al máximo el mosaico agrícola

Vallbona dispone de los últimos espacios agrícolas de Barcelona, dándole a la zona un valor paisajístico diferencial del resto de la ciudad. Con el diseño del futuro barrio se planteó preservar el máximo

posible de mosaico agrícola (dejando una superficie de 2,3 ha) y se quiso integrar en el desarrollo del nuevo barrio (con una ordenación permeable a los huertos).

La mayor parte de este mosaico se destinaría a producción agrícola profesional tal y como se está llevando a cabo hoy por hoy. También se propuso destinar una pequeña parte de este ámbito agrícola a huertos públicos urbanos con el objetivo de cubrir una demanda latente en la zona (actualmente hay varios huertos marginales), y hacer una función social y ambiental importante dentro del barrio.

Reto. El principal reto para el mosaico agrícola de Vallbona es:

- Integrar los futuros huertos públicos urbanos en la red existente de parques y jardines del Ayuntamiento de Barcelona.

5) Otros

Otros aspectos ambientales que son importantes para Vallbona son la mejora de la conectividad del futuro barrio con las zonas existentes de Trinitat Vella y Montcada, así como la potenciación del transporte público colectivo.

La mejora de la conectividad del barrio podría dar solución a la incomunicación histórica del barrio con su entorno. La apertura de nuevos viales permitiría una mejor relación con la trama urbana colindante, garantizar la continuidad de las redes de peatones y ciclistas entre barrios, así como el paso de autobuses para garantizar una buena cobertura de este servicio. Hay que remarcar, sin embargo, que dentro del futuro barrio solo podrán circular vehículos privados por las calles principales, siendo la mayoría de los viales del barrio de prioridad invertida.

En cuanto a la potenciación del transporte público colectivo, y dada la buena cobertura actual de las grandes redes de infraestructuras (Cercanías y metro), las medidas pasaban, pues, por actuaciones de ámbito local focalizadas sobre todo en la mejora de las conexiones en las estaciones existentes de Cercanías y metro mediante un au-

tobús lanzadera, y por la mejor integración del puente de Vallbona en la trama urbana, disminuyendo así la distancia psicológica a las estaciones.

Por último, cabe mencionar que en el ámbito normativo había un reto importante, ya que algunas propuestas que se han planteado en Vallbona iban más allá de los requisitos normativos vigentes.

Muchas de las propuestas que se plantearon en el proyecto de Vallbona requerían de estudios de detalle, y hacía falta profundizar en algunas de las medidas planteadas por la propuesta de modificación de planeamiento y el documento ambiental que la acompañaba.

Muchos de los proyectos de ARE fracasaron por distintos motivos: por oposición vecinal, por problemas de incompatibilidad urbanística por zonas inundables, zonas de riesgo tecnológico, en otros casos porque el municipio decidió no crecer o desarrollar el barrio, etc. La crisis económica también contribuyó a que algunos de los proyectos que quizás podían haber sido viables no se desarrollaran. Por consiguiente, el nuevo ecobarrio de Vallbona no se desarrolló y el proyecto de realizar un barrio residencial está parado.

1.6. Conclusiones

La mayoría de los ecobarrios que hay en Europa suelen tener bajas densidades si las comparamos con ciudades compactas como Barcelona o París. Eso nos lleva a la controversia de la ocupación del suelo, uno de los primeros principios de la sostenibilidad. Si uno se fija en Hammarby; Royal Seaport; Malmö Bo01; Kronsberg, en Hannover, o BedZED, cerca de Londres, todos ellos tienen bajas densidades de viviendas por hectárea. Y en la realidad europea eso nos lleva a menos habitantes por suelo transformado y ocupado. Suele tratarse de barrios de edificios de pocas plantas y con mayor dotación de espacio público y espacios verdes. Por consiguiente, hallar el equilibrio de estas relaciones –compacidad, densidad de viviendas, superficies verdes, espacio público, equipamientos y cómo se planifica y gestiona la movilidad, la mixticidad, los sistemas de redes de servicios, entre

otros– es fundamental para definir un barrio sostenible. En buena medida, tener un barrio sostenible requiere un uso racional de los recursos, trabajar con los condicionantes de entorno, tanto territoriales, climáticos como con los recursos del lugar, y, sobre todo, con los ciudadanos, que al final son los que hacen el barrio.

Figura 11. Izquierda: Kronsberg, Hannover (Alemania);
derecha: Bo01, Malmö (Suecia)



Fuente: «De l'urbanisme a l'equilibri global. Discursos emergents per a un nou urbanisme». *Papers*, núm. 57.

Tener en cuenta el factor social también es un aspecto fundamental. Diseñar el mejor barrio con las herramientas de máxima eficiencia, que utilice recursos locales y renovables, ecodiseñado, no es condición necesaria y suficiente para que los ciudadanos que habitan el barrio tengan internalizados todos estos conceptos. Contar con los ciudadanos en las distintas fases –conceptualización, planificación, proyecto, construcción y, sobre todo, hacer seguimiento y comunicación de los retos establecidos en las distintas fases. Seguramente eso sí que, hoy por hoy, es un elemento común a muchos de estos barrios, ya que al ser singulares, escasos, suelen ser casos que se difunden. Pero lo que cuesta hallar realmente es el seguimiento años después; una vez estos han sido vividos, no es nada habitual encontrar información sobre su comportamiento. Una comparativa que explique qué objetivos se fijaron, cuáles se consiguieron y cómo se comporta el barrio a lo largo del tiempo. Por desgracia, eso sigue siendo la asignatura pendiente, y nos aportaría mucha información para mejorar las *performances* de nuestro ecosistema urbano.

Otro aspecto importante a considerar es que a menudo tenemos tendencia a utilizar referentes o ejemplos de otras realidades. Estos barrios pueden ser muy útiles como inspiración e incluso pueden provocarnos, y ayudarnos, a querer ir más allá de nuestro marco legal y de la planificación habitual. Pero cualquier componente que apliquemos de otros lugares debemos adaptarlo a nuestras necesidades, a nuestra realidad, tanto social, económica como ambiental. Por consiguiente, realizar un listado de actuaciones o propuestas para el barrio a base de *gadgets*, de criterios de diseño quimera de otros proyectos de ecobarrio de otros países y otras situaciones no es garantía de éxito. Entender nuestro entorno, nuestros condicionantes, las necesidades sociales y nuestro marco regulador es fundamental. Debemos intentar llevar algunos de los criterios al límite de nuestras normas o proponer fórmulas creativas que nos permitan dar pasos más allá de los estrictamente convencionales, y presionar al mercado para exigirle más en cuanto a sostenibilidad.

Por consiguiente, es muy importante el análisis inicial, tener claros los condicionantes de entorno y establecer unos objetivos de sostenibilidad claros. Una discusión que puede plantearse es si es mejor intentar establecer muchos objetivos de sostenibilidad o centrarse en aquellos que puedan ser más críticos, pero ser tremendamente exigente con estos.

Ecobarrio, *leed neighborhood*, *zero emission neighborhood*, *eco-cartier*, entre muchos otros vocablos. Lo que está claro es que el urbanismo, la creación de tejido urbano, debe adoptar criterios ambientales desde el principio. Muchos nombres pueden tener algo de *marketing* o *branding* para intentar diferenciarse y posicionarse. Más que una moda o un distintivo debería ser norma, ya que es donde residimos. El hecho urbano es lo que ha transformado en mayor medida nuestro planeta; diseñarlo, pensarlo, gestionarlo, transformarlo, mantenerlo y rehabilitarlo siempre debería hacerse bajo una perspectiva global y una local fundamentalmente para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y para preservar los valores ambientales de nuestro planeta.

1.7. Bibliografia

Farreny, Ramon (*1); Oliver-Solà, Jordi (1,2); Montlleó, Marc (3); Escribà, Enric (3); Gabarrell, Xavier (1,4); Rieradevall, Joan (1,4) (2010). «Transition towards sustainable cities: opportunities, constraints and strategies in the planning of sustainable neighborhoods. A case study in Barcelona (Spain)». *Proceedings of the National Academy of Sciences Sustainability Science Section*.

Farreny, Ramon (*a,b); Oliver-Solà, Jordi (a,b); Montlleó, Marc (c); Escribà, Enric (c); Gabarrell, Xavier (a,d); Rieradevall, Joan (a,d) (2011). «The ecodesign and planning of sustainable neighbourhoods: the Vallbona case study (Barcelona). El ecodiseño y planeamiento de barrios sostenibles: el caso de estudio de Vallbona (Barcelona)».

Montlleó, Marc (2014). «De l'urbanisme a l'equilibri global. Discursos emergents per a un nou urbanisme». *Papers*, núm. 57.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)*.

**¿Cómo podemos
comprobar si son
adecuadas las redes
de servicios urbanos
a las necesidades
de nuestros territorios?**

Mireia Hernández Asensi
Eduard J. Álvarez-Palau

Urbanización y servicios urbanos en la ciudad de Barcelona.

El caso del Passeig de Sant Joan

1.1. Introducción

Herce (2002) defiende el proceso de urbanización como soporte acumulado de la construcción de ciudad. Considera las infraestructuras de servicios urbanos como los elementos básicos que conforman el territorio y determinan la organización futura de las urbes. Por ello deben ser tratadas con suficiente atención para garantizar un funcionamiento óptimo a lo largo de los años, evitando así problemas de abastecimiento que generen situaciones de exclusión social.

Un elemento tan determinante, por tanto, no se puede implantar de forma inmediata sino que requiere de un largo proceso planificador y constructivo que puede durar décadas. El propio proceso evolutivo de la ciudad, que solicita continuamente más recursos, la dificultad de abastecerse de forma local y el elevado coste de las intervenciones hacen que la extensión de la ciudad por estiramiento de sus redes sea un proceso gradual y altamente dependiente de sus preexistencias (Hernández, 2015). Al mismo tiempo, es evidente que se deben minimizar los errores en cuanto a la presión de nuevas redes o al dimensionamiento de sus elementos. Simplemente basta con ver que arreglar un error de diseño puede llegar a tener el mismo coste que construir la red desde cero.

El tratamiento urbano de estas redes merece también especial atención. Cobertura, tipología de servicio, afectaciones al paisaje urbano o nivel de servicio son variables importantes a tener en consideración.

En primer lugar debe garantizarse la cobertura de cada red, es decir, el porcentaje de población que tiene acceso al servicio. Es innegable que las principales ciudades de los países más desarrollados deben garantizar una cobertura universal, pero no es menos cierto que los países en vías de desarrollo deben apostar fuerte en este sentido si pretenden alcanzar mejoras cuotas de bienestar y progreso socioeconómico.

También la calidad del servicio debe estar a la altura de las expectativas. No es lo mismo disponer de módem para acceder telefónicamente a la red que disponer de fibra óptica de última generación en casa. Y tampoco es lo mismo ser abastecido con agua potable y disponer de red de saneamiento, que tener que abastecerse con depósitos y almacenar las aguas negras en fosas sépticas. Al fin y al cabo, el tiempo ganado con la provisión domiciliaria de servicios es tiempo ganado en pro de poder realizar otras tareas de mayor rendimiento personal o profesional.

A continuación, el modo en que cada red se distribuye a lo largo de las calles es también importante. En no pocos casos, la distribución urbana de redes de servicios comporta grandes afectaciones sobre el paisaje urbano que deben ser tratadas adecuadamente. En caso contrario, podemos exponer determinados barrios a ser considerados de menor rango, lo que puede inducir a su marginación.

Y finalmente, por el nivel de servicio global que emana de cada caso en particular. Cobertura universal, de buena calidad y con un trazado en correcta armonía con el paisaje urbano son fundamentales para potenciar la ciudad, así como la calidad de vida de sus ciudadanos.

En este sentido, el presente trabajo se desarrollará a modo de estudio de caso para mostrar los procedimientos e instrumentos que podemos considerar para analizar las redes de servicios de nuestras localidades y comprender el impacto que causan sobre los usuarios y el desarrollo urbano de la ciudad, así como entender las prioridades de actuación urbanística.

El caso de estudio

Con la finalidad de ofrecer un método de análisis del nivel de urbanización de una ciudad, tomamos como objeto del presente estudio el **Passeig de Sant Joan** de la ciudad de Barcelona, y más concretamente, el tramo comprendido entre la Gran Via de les Corts Catalanes y la calle Trafalgar, con una longitud aproximada de 470 m. Se trata de un tramo importante dentro de la trama urbana barcelonesa, puesto que conecta la plaza Tetuan con el Passeig de Lluís Companys, conocido por albergar en su inicio el conocido Arc de Triomf.

El **Passeig de Sant Joan** se emplaza en pleno corazón del conocido Eixample de Cerdà y cuya característica edificatoria en forma de manzanas cuadradas se repite a lo largo de la vía estudiada. Forma parte de las vías estructurantes de la ciudad de Barcelona, conectando el Parc de la Ciutadella con el barrio de Gràcia, a la vez que actúa como elemento de articulación entre este barrio y los barrios del Eixample y Ciutat Vella.

En la figura 1 se muestra la localización del tramo de estudio.

Figura 1. Localización del tramo de estudio del Passeig de Sant Joan de Barcelona



Fuente: elaboración propia.

Para facilitar el entendimiento de dicho tramo, definiremos como punto de inicio la intersección con la Gran Via de les Corts Catalanes, y como punto final, la intersección con la calle Trafalgar.

1.2. Contextualización histórica

El Passeig de Sant Joan tiene sus orígenes a finales de siglo XVIII, aunque inicialmente se proyectó ocupando el actual trazado de la calle Comerç, en la explanada situada entre la ciudadela militar y la muralla retranqueada de la ciudad. Con el proyecto de Eixample de Ildefons Cerdà, el nombre del paseo se utilizó para bautizar una de las grandes vías que el urbanista reservó en dirección mar-montaña (Hoyos, 2012), dando conexión al núcleo de Gràcia con la ciudadela militar. De hecho, no es hasta la Exposición Internacional de 1888, en que se destruye la fortificación y se construye un parque urbano, que se enlaza al paseo a través del Arc de Triomf, situado al final del Passeig de Lluís Companys.

Figura 2. Reconstrucción de la trama urbana de Barcelona



En negro, la ubicación inicial y, en morado, la ubicación actual del Passeig de Sant Joan.

Fuente: elaboración propia.

Como vía principal del Plan Cerdà, el viario se proyecta con un ancho total de 50 m, y a lo largo de su sección funciona como vía de frontera entre tejidos urbanos tan diversos como los encontrados en los barrios del Born, el Eixample y Gràcia.

1.3. Accesibilidad del tramo de estudio

El tramo de estudio está inserido en la confluencia de varias líneas de metro y de autobús de la ciudad, además de disponer de una estación de la red de Cercanías de ferrocarriles en su intersección con la avenida Vilanova (continuación de la calle Trafalgar). En la figura 3 se muestra la red de transporte público circundante, con indicación de las estaciones de metro, autobús y ferrocarril.

Figura 3. Redes de transporte público en el entorno del tramo de estudio del Passeig de Sant Joan



En azul oscuro se representa la red horizontal de autobuses; en verde, la red vertical de autobuses; en azul claro, la red de ciclovías, y en trazo discontinuo amarillo se indica la localización del tramo de estudio. El símbolo (P) hace referencia a aparcamientos subterráneos de gran capacidad, (M) se refiere a la localización de estaciones de metro, (R) representa la localización de estaciones de la red de Cercanías del ferrocarril, y el símbolo (B) indica la posición de paradas de autobús (Nota: para el caso de las paradas de autobús se han indicado en el mapa únicamente las más cercanas al tramo de estudio, dado el elevado número de paradas existente en la ciudad de Barcelona).

Fuente: elaboración propia.

Puede observarse que, próximo a su extremo inicial, encontramos la estación Tetuan de la línea 2 del metro, y en su extremo final se localiza la estación Arc de Triomf de la línea 1. Esta estación permite la

transferencia con la estación de ferrocarriles que lleva el mismo nombre, siendo un punto importante en la red de transporte de la ciudad.

Por otro lado, existen varias líneas de autobús de la red básica circulando por ese tramo, como las líneas 19, 51 o 55, existiendo dos paradas en el tramo de estudio y otras dos próximas al inicio (en la plaza Tetuan) y al final (en el Passeig de Lluís Companys y en la Ronda de Sant Pere). Por otro lado, las líneas H16 y H12 de la nueva configuración de la red de autobuses de la ciudad de Barcelona también pasan próximas al tramo estudiado, con trayectos que circulan por la Ronda de Sant Pere y la calle Trafalgar y por la Gran Via de les Corts Catalanes, respectivamente.

Otro punto fuerte con respecto a la accesibilidad es la proximidad a la Estació del Nord, estación de autobuses de la red comarcal y nacional. Esta estación se encuentra a dos manzanas del final del tramo de estudio, y a una manzana de la estación de transferencia de Arc de Triomf.

La accesibilidad con bicicleta también está garantizada, puesto que el tramo estudiado dispone de un carril bici en su dimensión longitudinal, que conecta con las principales vías circundantes, la Gran Via de les Corts Catalanes, el Passeig de Lluís Companys y la avenida Vilanova. Tanto en la plaza Tetuan como próximo a la estación de Arc de Triomf y a la Estació del Nord existen puntos de la red Bicing, que se trata de un servicio de alquiler/uso de bicicletas público extendido por toda la ciudad.

Cabe destacar también la accesibilidad con modos de transporte privado. El tramo estudiado se encuentra próximo a la conocida Ronda Litoral de Barcelona, y en su parte final se localiza un aparcamiento subterráneo de gran capacidad, albergado en el subsuelo del Passeig de Lluís Companys.

Así, podemos concluir que el nivel de accesibilidad del tramo de estudio es bueno, puesto que dispone de acceso a la mayoría de las redes de transporte público y privado.

1.4. Caracterización del entorno

Con todo, el Passeig de Sant Joan se ha erigido como uno de los paseos nobles de la ciudad, si bien ha existido una época de decadencia en cuanto al uso del espacio público. Se trata de una calle con una sección muy ancha, 50 m, efecto que se vislumbra directamente en sus aceras, de gran anchura también. Durante años el Passeig de Sant Joan perdió fuerza comercial en beneficio de otras vías de la ciudad, y no fue hasta el año 2010 cuando la ciudad de Barcelona encaró el reto de devolver a este espacio la categoría que le pertenecía.

La nobleza otorgada a esta vía se refleja también en sus edificaciones, características de la antigua burguesía catalana. Esta tipología edificatoria se repite también en las vías transversales, que repiten el mismo patrón.

Desde el punto de vista urbano, cabe destacar la cercanía con las principales vías de distribución de tráfico de la ciudad, la Gran Via de les Corts Catalanes y la avenida Diagonal. Pero también es importante destacar el emplazamiento otorgado dentro de la trama urbana, próximo al Parc de la Ciutadella, entorno verde de referencia de la ciudad de Barcelona, y a solo ocho manzanas (800 m) de la plaza de Catalunya, punto neurálgico por excelencia. Se trata de un enclave importante, con una centralidad propia otorgada tanto por su posición en la trama urbana como por su alto nivel de accesibilidad a las redes de transporte.

Analizando los usos, existe una mixtura de uso residencial y comercial, este último visualizado básicamente por los bares y oficinas de bancos localizados a lo largo de la vía estudiada. No se observa un tejido comercial de venta al público intensivo, si bien existen algunas tiendas a lo largo de la vía analizada. En contraposición, parece estar consolidándose un tejido asociado a la restauración, promovido seguramente por la configuración de las aceras, con espacio disponible para la localización de terrazas.

1.5. Caracterización del usuario

Como se indicaba en el apartado anterior, a través de la lectura de las edificaciones existentes a lo largo de la vía se puede intuir que el nivel de renta en el tramo estudiado y vías circundantes se corresponde con una clase media.

1.6. Descripción característica de la vía

El Passeig de Sant Joan es una de las vías principales de la ciudad de Barcelona, con una longitud total de aproximadamente 2 km. La configuración de la vía se adapta a la trama urbana colindante, pudiéndose distinguir claramente dos tramos diferenciados. El primero, comprendido entre la calle Trafalgar y la plaza de Mossèn Jacint Verdaguer, presenta una sección más viaria, con el espacio central destinado al tránsito de vehículos y aceras laterales de gran anchura para la circulación de peatones. Este tramo conecta además dos de las vías principales de la ciudad, la avenida Diagonal y la Gran Via de les Corts Catalanes, hecho que se refleja totalmente en su sección. El segundo tramo, comprendido entre la plaza de Mossèn Jacint Verdaguer y la Travessera de Gràcia, tiene una sección completamente diferente, con un paseo central a modo de rambla que permite la continuidad de las rutas de peatones desde el barrio de Gràcia hasta la avenida Diagonal, y con calzadas laterales destinadas al tráfico a motor, más sectorizadas que en el tramo anterior, y con una semaforización más intensiva. Este tramo también presenta un comercio más intensivo en su entorno, hecho que refuerza la necesidad de fortalecer el espacio central para peatones.

El tramo objeto de este estudio forma parte del primer tramo, donde el tráfico motorizado ejerce una mayor presión. Es importante destacar que este tramo sufrió una reforma en el año 2010 con el objetivo de devolver al Passeig de Sant Joan la calidad que le pertenecía. Con el objetivo de reducir el tráfico y priorizar el espacio para peatones, se redujo el espacio destinado al vehículo motorizado y se aumentaron las aceras. Actualmente, esta vía forma parte de un eje cívico

que va desde el Parc de la Ciutadella hasta el Parc dels Tres Turons, localizado al norte del barrio de Gràcia.

La sección pasó de tener 25 m destinados al tráfico a motor a 12 m, ganando este espacio para peatones, zonas de convivencia y ciclo vía. Actualmente, la sección transversal consta de aceras laterales de 17 m de ancho y un espacio central reservado para la circulación de vehículos de 12 m, como ya se ha mencionado. De los 12 m de calzada, 6 se corresponden con dos carriles exclusivos de bus, quedando únicamente un carril de circulación para vehículo privado por sentido.

El ancho de las aceras presenta unas características distintas al uso de una acera convencional, puesto que con la reforma urbana del año 2010 se consiguió ganar espacio para otros usos. Así, los primeros 6 m colindantes con las fachadas de las edificaciones se reservan al uso puramente de «acera», siendo el espacio reservado para las rutas de peatones. A continuación existe un espacio de 9 m entendido como «corredor cívico», que consta de varios espacios verdes, y los 2 m restantes se utilizan para localizar mobiliario urbano, como marquesinas de autobús, por ejemplo.

La diferencia principal entre la sección actual y la antigua sección es la promoción de un espacio que hasta entonces formaba parte del «espacio residual» de la acera. Sin duda, la creación del corredor cívico ha devuelto la calidad que esta vía merecía.

Figura 4. Sección actual del Passeig de Sant Joan, entre Arc de Triomf y plaza Tetuan



Fuente: Remodelación del Passeig Sant Joan de Barcelona - HIC Arquitectura. Lola Domènech.

El espacio denominado *corredor cívico* conserva los centenarios árboles plataneros que existían en el paseo, combinados con nuevas plantaciones arbóreas que permiten crear espacios de sombra a lo largo de la vía. Esas plantaciones en altura están combinadas con especies de pequeño porte, a modo de arbustos y plantas aromáticas, dotando a la acera de un espacio verde que, además de actuar como barrera física del tráfico a motor, le confiere una calidad paisajística indiscutible. Los espacios verdes se alternan con áreas de juegos infantiles, zonas de reposo con bancos, y también con terrazas de los propios establecimientos de restauración que existen a lo largo de la vía. Con ello, se consigue una mixtura de usos interesante, que a la vez promueve el pequeño comercio.

Figura 5. Imágenes del corredor cívico



Izquierda: zona de reposo; derecha: área de juegos infantiles.

Fuente: Remodelación del Passeig Sant Joan de Barcelona - HIC Arquitectura. Lola Domènech.

En la zona central, limitada por una franja de pavimento verde, se localiza una ciclovía bidireccional. El hecho de segregarla del espacio destinado a peatones permite evitar conflictos entre los diferentes modos de transporte. Además, estar separada de las calzadas a través de una pequeña área verde la dota de seguridad y protección.

Figura 6. Imagen de la ciclovia, con los espacios verdes que la segregan de los carriles de circulación del tráfico a motor.



Fuente: Remodelación del Passeig Sant Joan de Barcelona - HIC Arquitectura. Lola Domènech.

Uno de los puntos fuertes del proyecto es que la ampliación de aceras y el uso de elementos segregadores se realizó teniendo en cuenta otros factores como la influencia sobre la red de drenaje. Por ello, se utilizaron pavimentos drenantes que permiten reducir la contribución de la nueva urbanización, mejorando también el sistema de drenaje de la vía.

El pavimento utilizado en el espacio caracterizado como «acera tipo» sigue el modelo adoptado en toda la ciudad de Barcelona, conocido como panot, una pieza de hormigón prefabricado de 20 x 20 cm con marcación de cuadrados internos que permiten la circulación y el drenaje de las aguas. Ese pavimento desaparece en las áreas verdes, dando paso a un pavimento abierto formado a base de losas tipo prefabricadas de alta calidad de 20 x 10 cm, parecidas al adoquín convencional pero con textura y acabado mucho más sofisticado. Estas losas están dispuestas formando filas con juntas abiertas de unos 5 cm de ancho, lo que permite la aparición de vegetación en las mismas y la infiltración del agua de lluvia. Esa solución se repite también en el separador de la ciclovia. Por otro lado, en las esquinas se repite la misma tipología de pavimento, a base de losas prefabricadas de alta calidad de 20 x 10 cm, pero con un color diferente y sin juntas abiertas. Si en las zonas verdes el color es parecido al de la tierra (específicamente se ha utilizado el color desierto), en las esquinas se ha optado por un color grisá-

ceo (color ceniza), que permite dar continuidad cromática al color del pavimento de las aceras. La calidad del pavimento se refleja también en las juntas utilizadas, todas en acero, lo que permite la contención del pavimento flexible sin crear un elemento físico que desarmoniza el conjunto del pavimento.

Figura 7. Imagen del pavimento utilizado en las áreas verdes y en las esquinas, con detalle de la junta en acero



Fuente: propia.

Para las áreas de juego infantil el pavimento utilizado es caucho, un material elástico que desde hace unos años parece consolidarse como pavimento estándar en zonas de este tipo.

En las rampas de peatones y ciclistas y en los bordillos el material utilizado es granito, mientras que para la zona de drenaje de las aguas de la calzada existe una rigola de cemento blanco de 30 x 30 cm. Es importante destacar la existencia de pavimento táctil a lo largo de la calzada, lo que permite la continuidad de las rutas de los peatones con discapacidad visual.

El mobiliario urbano de la vía también es uno de los elementos característicos, puesto que los bancos utilizados no se corresponden

con el modelo Barcelona estándar. En este caso, los bancos son de madera de alta calidad, con un diseño propio asociado al paseo. En el caso de las paradas de autobús, se ha seguido el mismo modelo en acero y vidrio adoptado en toda la ciudad.

A continuación se muestra una tabla resumen de los elementos que forman parte de la **urbanización superficial** de la vía.

Tabla 1. Resumen de la urbanización superficial del Passeig de Sant Joan de Barcelona

Tipo de elemento	Descripción	Calidad
Pavimento aceras	Losas prefabricadas de alta calidad en consonancia con panot convencional. Juntas de acero.	Alta
Pavimento calzada	Pavimento de asfalto abierto tipo M-10 (sonorreductor).	Alta
Pavimento ciclovía	Pavimento de asfalto abierto tipo M-110 (sonorreductor).	Alta
Rampas de peatones	Placas de granito.	Alta
Bordillos	Piezas de granito.	Alta
Arborización	Arborización de alineación de calzada con espacios verdes.	Alta
Accesibilidad	Pavimento táctil para garantizar la accesibilidad universal.	Alta
Mobiliario urbano	Bancos con modelo específico para el paseo, de madera de alta calidad.	Alta

En cuanto a las **redes de servicios urbanos** podemos observar que no existen redes aéreas en el tramo de vía estudiado. Esa afirmación se constata con la cantidad de tapas localizadas en las aceras y en la calzada, las cuales están distribuidas teniendo en cuenta la disposición del pavimento. Así, la calidad percibida en la urbanización superficial también se percibe en la coordinación de los elementos del subsuelo. Se observa que la mayoría de las tapas correspondientes a

las redes de servicios urbanos son cuadradas, o con marco aparente cuadrado/rectangular, detalle que permite el encaje de las mismas en la modulación del pavimento sin crear discontinuidades. En los casos de tapa circular, el corte del pavimento ha sido debidamente tratado, evitando crear juntas de cemento.

A través de la identificación de las tapas levantadas en campo, podemos determinar que bajo el subsuelo del Passeig de Sant Joan discurren las siguientes redes de servicios urbanos:

- Red de alumbrado público.
- Red de semaforización.
- Red de agua.
- Red de gas.
- Red de telecomunicaciones.
- Red eléctrica.
- Red de alcantarillado.
- Red de riego.

Todas las redes se localizan en las aceras a excepción de la red de alcantarillado, que discurre por la calzada. Aún así, debido al ancho de las aceras, existe una red secundaria de aguas pluviales que debe conectar con esa red principal de la calzada.

La caracterización de las redes de servicios se hace complicada únicamente a través del levantamiento de campo, puesto que para poder determinar los elementos que la forman deberíamos tener acceso a los pozos de visita o a las cajas de registro. Aún así, algunos ayuntamientos y/o compañías de servicios facilitan esas informaciones.

En el caso del Passeig de Sant Joan, el Ayuntamiento de Barcelona hizo públicas algunas de las características de las redes que se implantaron, por lo que disponemos de informaciones adicionales al levantamiento de campo.

En relación con la red principal de alcantarillado, se trata de una red unitaria con sección T630, con continuidad por el Passeig de Lluís

Companys y hasta el punto de desagüe identificado como RI-DB, en la playa de la Barceloneta.¹ Según informaciones consultadas en la web de CLABSA,² por su interior discurre una red de fibra óptica, que va desde la calle Casp hasta el Passeig de Lluís Companys, donde continua hacia el Parc de la Ciutadella. Debido a la definición de los planos de consulta disponibles, no se consigue identificar el punto final de esa red de fibra óptica, pero parece ser metros antes del punto de desagüe RI-DB. En superficie, la red de alcantarillado se completa con imbornales de 70 x 30 cm, localizados en línea con la rigola de la calzada y en el límite con el corredor cívico en las aceras. En este último caso, la función de canalización de las aguas asociada a la rigola se ha resuelto a través de una losa prefabricada de alta calidad con el mismo ancho que el imbornal (30 cm) y con el mismo color que el pavimento de la acera.

La red de alumbrado público está formada por postes de acero de unos 12-14 m de altura, sin brazo y con luminaria convencional. La iluminación se realiza a través de lámparas tipo LED, y tanto en los postes de alumbrado como en los postes semafóricos existe una red Wi-Fi.

De las redes de agua, gas, riego, eléctrica y telecomunicaciones no se tienen más datos que las cajas de registro visualizadas durante el levantamiento de campo, pero debido a la reciente reforma que el tramo estudiado sufrió en 2010, se acepta la hipótesis que el nivel de implantación de estas redes será, como mínimo, medio.

En la tabla siguiente se resumen las informaciones levantadas para las redes de servicios públicos existentes.

1 Informaciones extraídas del plano 4.31. del PECLAB de la red de drenaje de Barcelona.

2 CLABSA es la empresa que gestiona la red de alcantarillas de Barcelona.

Tabla 2. Resumen de la urbanización subterránea del Passeig de Sant Joan de Barcelona

Tipo de red	Elementos de la red	¿Red básica?	Calidad
Red de alumbrado público	Postes de 12-14 m con lámpara convencional y LED.	Sí	Media - Alta
Red de semaforización	Postes de 12-14 m con LED.	No	Media - Alta
Red de agua	Sin informaciones.	Sí	Media
Red de gas	Sin informaciones.	Sí	Media
Red de telecomunicaciones	Sin informaciones.	Sí	Media
Red eléctrica	Sin informaciones.	Sí	Media
Red de alcantarillado	Red principal con sección T630 e imbornales 70 x 30 cm con rigola en calzada.	Sí	Alta
Red de riego	Sin informaciones.	No	Media
Red Wi-Fi	Instalación en postes de alumbrado y semaforización.	No	Alta
Red fibra óptica	Instalación en la red de alcantarillado.	No	Alta

1.7. Identificación de los niveles de servicio

El concepto *nivel de servicio* fue creado en el año 1978 por Caminos y Goethert para identificar/clasificar la calidad de una determinada urbanización. Así, fueron definidos unos niveles mínimos y estándar, determinados a partir del tipo de elementos que forman parte de la urbanización. En el plano teórico definir esos niveles no resulta demasiado complicado, puesto que teniendo conocimiento de esos elementos la clasificación no alberga gran dificultad, pero el problema se agrava cuando intentamos definir el nivel de servicio de una urbanización real donde no se tiene acceso a toda la infor-

mación. Sin duda, el trabajo de campo se convierte, en este caso, en herramienta indispensable, pero no siempre acaba aportando toda la información necesaria.

En el estudio del Passeig de Sant Joan hemos podido comprobar la dificultad de tener acceso a todos aquellos elementos que forman parte del subsuelo. Y es que tan importante es el subsuelo que forma nuestras ciudades como la urbanización superficial que percibimos cada día. La organización bajo tierra pondrá de manifiesto el tipo de gestión de una determinada ciudad, así como la capacidad de control sobre sus redes.

Otro punto que debe tenerse en cuenta es la influencia del tipo de usuario y de la localización sobre el nivel de servicio final. Parece evidente que dependiendo del país, del barrio, del poder adquisitivo, etc., la percepción del usuario no será la misma, pero muchas veces no se tiene en cuenta este condicionante.

No menos importante es el factor «funcionalidad». El nivel de servicio debe atender a una determinada funcionalidad de la calle, y para ello, debemos determinar qué tipo de calle estamos analizando. El mismo tipo de urbanización no puede tener el mismo nivel de servicio en una calle principal que en una calle secundaria, puesto que en el primer caso la capacidad de implementar elementos innovadores es mucho mayor, además de existir una prioridad en la gestión de las redes.

El Passeig de Sant Joan forma parte de lo que llamamos *red viaria principal*, jerarquía otorgada desde el Plan Cerdà, donde esta calle se tornaba uno de los ejes vertebradores de la ciudad de Barcelona, y prueba de ello es la sección viaria con la que fue proyectada, como hemos visto en apartados anteriores. A calles nobles, parece razonable que le correspondan clases sociales medias y altas, y así debió ser en su inicio. Actualmente, a pesar de continuar siendo una zona noble, los usuarios se corresponden más con la clase media que con la alta, y así ha sido definido en el apartado del perfil de usuario.

Cabe, entonces, determinar el nivel de servicio de la calle estudiada teniendo en cuenta que el usuario pertenece a la clase media. Para ello, se determinará en primer lugar el nivel de servicio parcial para la urbanización superficial y la urbanización subterránea. Finalmente, se cruzarán los dos niveles obtenidos para determinar el nivel de servicio global.

En el apartado anterior fue definida la calidad de la urbanización, parámetro que va a ser de gran utilidad para determinar el nivel de servicio. Aún así, debe tenerse en cuenta que una calidad alta no tiene por qué corresponderse con un nivel de servicio alto, puesto que puede ser que un elemento, aun siendo de gran calidad, teniendo en cuenta el perfil del usuario y la localización de la urbanización, esté obsoleto, por ejemplo. Veamos un poco más en detalle a qué nos referimos. Imaginemos que tenemos una red de iluminación pública en pleno centro de Barcelona formada por postes de diseño de alta calidad y con lámparas de vapor de sodio. A pesar de que los elementos que forman la red son de alta calidad, el nivel de servicio sería medio, puesto que actualmente ya existen sistemas de iluminación más eficientes, como los LED, y sistemas autónomos de regulación de los niveles lumínicos y de alimentación energética.

En el caso de la urbanización superficial del Passeig de Sant Joan, durante el levantamiento de campo se observó que tanto los pavimentos utilizados como el resto de elementos urbanos eran de gran calidad, además de estar muy bien ejecutados. Las juntas entre pavimentos estaban perfectamente detalladas, y no se observaron discontinuidades en la modulación de las piezas. Por ello, se ha adjudicado un nivel de servicio alto a todos los elementos analizados, resultando un nivel de servicio parcial de la urbanización superficial ALTO.

Tabla 3. Nivel de servicio parcial de la urbanización superficial

Tipo de elemento	Descripción	Calidad	Nivel de servicio
Pavimento aceras	Losas prefabricadas de alta calidad en consonancia con panot convencional. Juntas de acero.	Alta	ALTO
Pavimento calzada	Pavimento de asfalto abierto tipo M-10 (sonorreductor).	Alta	ALTO
Pavimento ciclovía	Pavimento de asfalto abierto tipo M-110 (sonorreductor).	Alta	ALTO
Rampas de peatones	Placas de granito.	Alta	ALTO
Bordillos	Piezas de granito.	Alta	ALTO
Arborización	Arborización de alineación de calzada con espacios verdes.	Alta	ALTO
Accesibilidad	Pavimento táctil para garantizar la accesibilidad universal.	Alta	ALTO
Mobiliario urbano	Bancos con modelo específico para el paseo, de madera de alta calidad.	Alta	ALTO

Nivel de servicio de la urbanización superficial = ALTO

En el levantamiento de la urbanización subterránea hubo grandes problemas para determinar las características de las redes de servicios. A pesar de la búsqueda bibliográfica realizada, muchas redes no fueron clasificadas, y se asimiló un nivel de calidad media en base al nivel de ejecución de la urbanización superficial y también teniendo en cuenta la disposición de las tapas en las aceras y en la calzada. En referencia a este último punto, se observó en campo que las tapas seguían directrices de alineación diferentes, lo que permitía intuir la coordinación en el subsuelo. Así mismo, en las esquinas existía un número elevado de tapas, indicando que fueron colocadas cajas de

cruce en las intersecciones para permitir el futuro mantenimiento de las redes.

Teniendo en cuenta estas informaciones, y a falta de mayor detalle de las características del subsuelo, el nivel de servicio parcial para la urbanización subterránea es MEDIO.

Tabla 4. Nivel de servicio parcial de la urbanización subterránea del Passeig de Sant Joan de Barcelona

Tipo de red	Elementos de la red	Calidad	Nivel de servicio
Red de alumbrado público	Postes de 12-14 m con lámpara convencional y LED.	Media - Alta	ALTO
Red de semaforización	Postes de 12-14 m con LED.	Media - Alta	MEDIO
Red de agua	Sin informaciones.	Media	MEDIO
Red de gas	Sin informaciones.	Media	MEDIO
Red de telecomunicaciones	Sin informaciones.	Media	MEDIO
Red eléctrica	Sin informaciones.	Media	MEDIO
Red de alcantarillado	Red principal con sección T630 e imbornales 70 x 30 cm con rigola en calzada.	Alta	MEDIO
Red de riego	Sin informaciones.	Media	MEDIO
Red Wi-Fi	Instalación en postes de alumbrado y semaforización.	Alta	ALTO
Red fibra óptica	Instalación en la red de alcantarillado.	Alta	ALTO

Nivel de servicio de la urbanización subterránea = MEDIO
--

En el caso de la red de alumbrado público, a pesar de disponer de lámparas LED, no se observó ningún tipo de regulación autónoma

de los niveles lumínicos. Por otro lado, tampoco se observaron placas solares de alimentación energética. Teniendo en cuenta que la calle estudiada se encuentra en la ciudad de Barcelona, donde el uso de LED en iluminación pública ya está consolidado y donde el reto en este campo está en la gestión del servicio, se ha otorgado un nivel de servicio medio para esta red. De modo similar, el uso de LED en semaforización actualmente ya no es señal de un nivel de servicio alto.

Para la red de alcantarillado, formada por elementos de gran calidad, no se observaron sistemas de drenaje urbano sostenible importantes, a pesar de que existen grandes áreas verdes a lo largo del paseo. La inclusión de sistemas de almacenaje y recuperación del agua de lluvia serían señal de una red con un nivel de servicio alto.

El análisis parcial de la urbanización superficial y la urbanización subterránea nos revela que existen diferencias entre la urbanización que se ve y, por tanto, la que el usuario percibe directamente, y la urbanización que no se ve, y sobre la que el usuario no dispone de información y, por tanto, de capacidad crítica. El gran reto del urbanismo es entender la ciudad como capas de igual importancia, donde lo subterráneo y lo aéreo se torna tan importante como lo superficial. En ciudades con el perfil de Barcelona, donde se está apostando por una integración completa de la ciudad, el subsuelo debe convertirse en un elemento clave de la gestión urbana con el objetivo de reducir el consumo energético. Por tanto, a pesar de que visualmente el Passeig de Sant Joan parecería tener un nivel de servicio alto, se le otorgará un nivel de servicio MEDIO.

Nivel de servicio del Passeig de Sant Joan = MEDIO

1.8. Conclusiones y propuestas de intervención futura

El Passeig de Sant Joan sufrió su última reforma urbana en el año 2010, fruto de una larga reivindicación vecinal que reclamaba retornar a esta calle la calidad que le había sido otorgada en el Plan Cerdà y que, con el paso de los años, le había sido arrebatada por dificulta-

des de gestión del espacio urbano (aceras demasiado anchas sin uso aparente, un tejido comercial decadente, etc.).

Sin duda, el proyecto cumplió con creces el objetivo marcado, y actualmente el paseo cuenta con un nivel de calidad urbana altísimo. Como hemos podido ver a lo largo del estudio, parece complicado pensar en intervenciones urbanas en la urbanización superficial, que se encuentra en un estado de uso y mantenimiento excelente. Donde sí existen posibilidades de mejora es en la urbanización subterránea, que actualmente presenta un nivel de servicio inferior.

Aún así, debemos pensar en propuestas que no sean muy agresivas con la urbanización superficial, pues eso supondría un coste que tal vez no compensaría las mejoras obtenidas y, por tanto, inviabilizaría el proyecto.

En este caso, podemos pensar en propuestas que tengan que ver con la gestión de las redes de servicios y con la reducción del consumo energético. A continuación, se describen algunas propuestas de intervención para el Passeig de Sant Joan de Barcelona:

- Implantación de un sistema de iluminación variable del alumbrado público, que adapte los niveles de intensidad en función de la presencia o no de personas en el área que se está iluminando, minimizando así el consumo energético.
- Instalación de placas solares para la alimentación del alumbrado público.
- Instalación de paneles informativos en las paradas de autobús con información sobre la frecuencia de las líneas y el tiempo de espera. Incorporación de placas solares para la alimentación de dichos paneles.
- Instalación de un sistema de detección de fugas en la red de agua para mejorar el mantenimiento.
- Habilitación de un espacio web donde los ciudadanos puedan consultar los servicios urbanísticos, del mismo modo que se consultan las redes de movilidad.

La implantación de un sistema de iluminación variable permitiría reducir el consumo energético del Passeig de Sant Joan, a la vez que se reduciría la contaminación lumínica. Al mismo tiempo, la alimentación a través de placas solares contribuiría a reducir más este consumo, de forma que con las medidas propuestas se mejoraría la sostenibilidad de la red.

Por otro lado, la instalación de paneles informativos en las paradas de autobús permitiría al usuario tener acceso a la red de transporte público en tiempo real, aumentando la calidad del servicio ofrecido, así como las facilidades de movilidad del usuario. Esa medida no repercutiría negativamente sobre el consumo energético de la urbanización, puesto que la alimentación a través de paneles solares permitiría independizar estos nuevos elementos de la red de abastecimiento.

Actualmente, uno de los consumos de agua que están fuera de control de las compañías gestoras del servicio son las fugas no detectadas. Se trata de problemas en la red subterránea que solo llegan a detectarse cuando se perciben en superficie (agua brotando de cajas de registro, pavimentos con un asentamiento diferenciado, etc.). Por ello, incluir un sistema de detección de fugas mejoraría notablemente el control de la red, a la vez que facilitaría el mantenimiento y optimizaría los consumos.

La última propuesta se enmarca dentro de la reciente estrategia del Open Data y las TIC. La información de la ciudad debe ser en abierto y accesible para que los ciudadanos puedan interesarse y adquirir un mayor conocimiento del subsuelo urbano.

Con las propuestas definidas se conseguiría mejorar el nivel de servicio de las redes subterráneas así como su nivel de conocimiento, que eran los elementos que presentaban un nivel de servicio menor, sin afectar significativamente a la urbanización superficial. Con ello, se podría alcanzar un nivel de servicio alto.

1.9. Bibliografía

- Camino, H.; Goethert, R.** (1984). *Elementos de urbanización*. México: Ed. Gilli.
- Herce Vallejo, M.; Magrinyà, F.** (2002). *La ingeniería en la evolución de la urbanística*. Barcelona: Ed. UPC.
- Herce Vallejo, M.; Miró Farrerons, J.** (2002). *El soporte infraestructural de la ciudad*. Barcelona: Ed. UPC.
- Hoyos Núñez, F. A.** (2012). «El modelo Barcelona de espacio público y diseño urbano. Paseo Sant Joan (1979-2011)». Tesis de Máster. Universitat de Barcelona.
- Hernández Asensi, M.; Álvarez-Palau, E. J.; Herce Vallejo, M.** (2015). «Evolución de la ciudad desde la óptica de sus redes de servicios». Materiales docentes. Máster en Gestión de la Ciudad y Urbanismo: Territorio, Infraestructuras y Servicios Urbanos, UOC.
- Miró Farrerons, J.** (2011). Apuntes docentes. Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos: Infraestructuras y Servicios Urbanos, UPC.

¿Cómo podemos valorar la eficiencia de una red de transporte público?

Eduard J. Álvarez-Palau
José M. Subero Munilla

Análisis de la red de transporte ferroviario de la región metropolitana de Barcelona

1.1. Introducción

Las redes de transporte ferroviario tienen un gran peso en la movilidad de las grandes ciudades metropolitanas. Son el modo de transporte más eficiente en la media y la larga distancia y son menos contaminantes que el transporte individual motorizado. Estas razones hacen que los gobiernos tiendan a focalizar buena parte de sus políticas de transporte y sus inversiones en mejorar las redes ferroviarias, y por ello también se han escogido como elemento de la movilidad a tratar en este estudio de caso. Ahora bien, ¿Cómo podemos valorar la eficiencia de una red de transporte público? Esta es la pregunta que se va a tratar de abordar en este estudio de caso más allá de interpretaciones subjetivas acerca de la bondad de unos u otros modos de transporte

Para ello es preciso plantear diferentes análisis y a diferente escala. Desde el punto de vista metropolitano lo realmente importante es conectar los principales nodos de forma rápida y eficiente, pero también mantener conectados aquellos nodos más sensibles para evitar su marginación espacial. Desde la perspectiva urbana se pone el énfasis en aquellos indicadores más operacionales y que analizan la calidad del servicio aportado. Esto es así porque se sobreentiende que prácticamente toda la trama urbana de la urbe tiene cobertura de los sistemas de transporte público colectivo y, por tanto, pasa a ser más importante el nivel de servicio ofrecido que la propia conexión. Finalmente, a escala de detalle, alrededor de las estaciones debe plantearse un tipo de análisis totalmente diferente. En ellas es donde los viajeros intercambian un modo de transporte de media distancia a otro de proximidad, motivo por el que deben plantearse

las alternativas necesarias para garantizar opciones de movilidad al usuario. La centralidad de estos nodos y sus posibilidades de intermodalidad se convierten en factores clave para entender la movilidad metropolitana y los fenómenos urbanos que se dan alrededor de las estaciones de transporte.

1.2. Contextualización histórica

Tomando como referencia el trabajo de Capel (2010), las redes de transporte ferroviario fueron proyectadas a lo largo del siglo XIX siguiendo diferentes estrategias. En los países desarrollados la construcción de las líneas se planteó mayormente siguiendo rutas terrestres históricas que conectaban las principales ciudades y, estas, con los centros productivos industriales y agrícolas. Así, se reforzó la estructura territorial preexistente marcada por los asentamientos pero también por la geografía propia preexistente de cada lugar. Al ser los ferrocarriles impulsados básicamente por el sector privado, el criterio que primó fue el de la rentabilidad económica de las líneas, de modo que prácticamente no se introdujeron criterios de ordenación territorial y reequilibrio regional.

Años más tarde, y visto el potencial del nuevo modo en el desarrollo socioeconómico de las regiones, los Estados empezaron a tomar parte tanto en el proceso regulador como en la propia toma de decisiones en su crecimiento (Bel, 2010). De este modo, en países como España o Francia este proceso condujo a la estructuración de una red radial en torno a las capitales, Madrid y París, aunque también se crearon subredes radiales en torno a ciudades de segundo rango como Barcelona o Lyon. Otros países europeos como Alemania, Bélgica o el Reino Unido tendieron a una red más mallada y con unos niveles de dotación mucho más homogéneos a lo largo de toda su geografía (Martí-Henneberg, 2013; Álvarez-Palau, 2013). De este modo, se evitaba la jerarquización territorial y se posibilitaba el desarrollo de las diferentes regiones sin condicionantes. En países subdesarrollados, se optó por una tercera estrategia de conformación de la red. Dada la baja densidad territorial, se utilizó el ferrocarril para alargar el área de mercado de la capital y las ciudades portuarias hacia el

interior (Taafe, 1963; Tarragó, 1981; Álvarez-Palau, 2012). De este modo se potenciaba la creación de nuevas localidades especializadas en el sector primario y conectadas mediante ferrocarril a puerto para facilitar la exportación de los productos elaborados.

Lo que es evidente es que la respuesta del territorio al sistema de transportes no fue neutra. El ferrocarril condicionó fuertemente el crecimiento diferencial de las ciudades, ofreciendo ventajas competitivas decisivas. Las ciudades conectadas, y sobre todo aquellas situadas en nodos que requerían de la ruptura de cargas o del intercambio modal, mostraron mayores índices de desarrollo durante un largo período de tiempo. Son ejemplos de ello ciudades como Nueva York o Montreal. Y no fue hasta la generalización del vehículo privado motorizado, en la primera mitad del siglo xx, cuando empezaron a cambiar las dinámicas creadas en torno al ferrocarril.

En el entorno metropolitano de Barcelona, Prat (1994) considera el ferrocarril como un importante elemento de vertebración territorial. En primer lugar, por actuar como factor de localización industrial, puesto que facilitaba tanto el abastecimiento de materias primas a las antiguas fábricas textiles, situadas en torno a los corredores fluviales, como para transportar posteriormente los productos manufacturados hacia su mercado. Al mismo tiempo, el ferrocarril actuó también como elemento vertebrador del crecimiento urbano. La proliferación de ensanches y nuevos barrios alrededor de las estaciones fue un fenómeno habitual (Álvarez-Palau, 2012). En este sentido, también se favoreció la creación de nuevos núcleos de población (Les Planes, La Floresta, Valldoreix o Mira-sol), allí donde el ferrocarril del Vallès articuló sus estaciones.

Salas (2001) confirma mayormente estas premisas, aunque plantea un análisis mucho más detallado correlacionando red férrea y estructura urbana. En su estudio considera ocho períodos diferenciados, entre 1848 y 1999, y concluye que el ferrocarril tuvo un fuerte impacto en la configuración territorial Barcelonesa desde 1848 hasta 1904. En este período se construyó la mayor parte de las líneas, lo que indujo a la reorganización industrial y productiva. Al mismo tiempo, también se facilitó la expansión de los asentamientos exis-

tentes hacia las estaciones, lo que comportó mejoras de accesibilidad regional, aunque también impedimentos en las relaciones locales por «efecto barrera». En el período 1904-1922, la inversión se centró en ferrocarriles secundarios y de ancho internacional (Morillas, 2014). Estos ferrocarriles reforzaron los efectos anteriores, pero su principal aportación fue la creación de las ciudades jardín de Sant Cugat y la extensión de las redes de servicios urbanos (Gangolells, 2011). También se aportó gran cantidad de recursos en integrar el ferrocarril en Barcelona, aunque no en el resto de ciudades metropolitanas. En adelante, es la red de tranvías la que juega un papel trascendental en las relaciones urbanas hasta 1957. A partir de ese momento, el Ayuntamiento decidió relegarlo en favor del metro y el autobús, iniciándose una fuerte etapa de declive hasta su desaparición. Además, esta misma etapa estuvo marcada por la generalización del uso del vehículo privado motorizado y un período de fuerte inversión pública en carreteras. De este modo, no solo se generalizó la accesibilidad sino que se pasó de un modelo metropolitano polarizado en torno a las estaciones hacia un nuevo modelo difuso en el territorio.

Con todo, se acaba constituyendo una red ferroviaria de carácter metropolitano que encaja perfectamente en la topografía barcelonesa y que supone un cambio de paradigma en las interrelaciones municipales. La red viaria queda constituida en lo que se denomina el *ocho ferroviario* catalán, con dos líneas entre Sant Vicenç de Calders y Maçanet por la costa y el interior, que se entrecruzan en la Ciudad Condal (Julià, 1994). Esta nueva estructura rompe con el esquema previo radioconcéntrico focalizado en la plaza de Catalunya, dando mayor peso a las estaciones de Sants y la Sagrera. Al mismo tiempo, se crean varias líneas radiales que conectan Barcelona con Vic-Puigcerdà, Lleida por Manresa, Terrassa y Martorell; y una línea concéntrica desde Castellbisbal hacia Mollet, pasando por el Vallès.

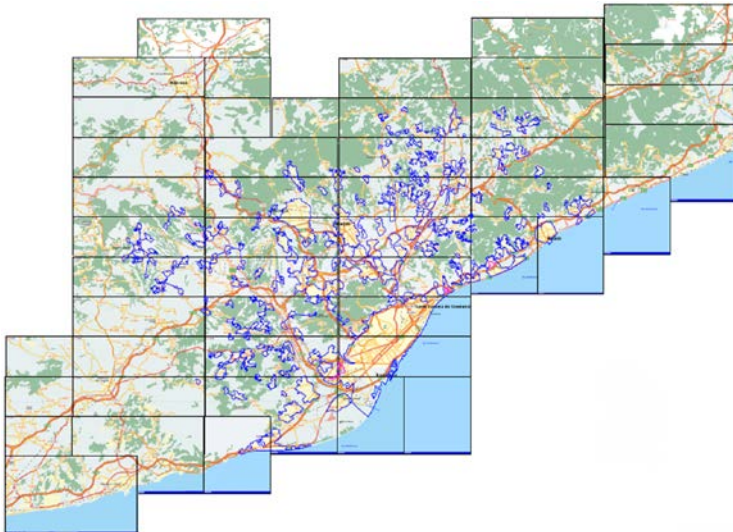
Esta red fue modelizada por Subero (2009) utilizando indicadores topológicos emanados de la teoría de grafos con la finalidad de contrastarla con otras redes europeas (Madrid, París, Londres y Roma), observándose patrones de desarrollo de la red y de urbanización similares a escala internacional, lo que muestra el papel de las redes

de transporte como verdaderos catalizadores del fenómeno urbano por encima de otras disciplinas, que a priori podían pensarse más influyentes, como el urbanismo o la ordenación del territorio. En esta misma línea otros autores como Derrible (2009, 2010) o Gattuso (2005) plantean análisis comparativos similares para redes urbanas de transporte subterráneo o metro de diferentes ciudades con la finalidad de poder contrastar resultados a nivel internacional.

1.3. La red de transporte ferroviario a escala metropolitana

Barcelona tiene un área metropolitana relativamente importante. El área urbanizada en ésta ascendía a 395,46 kilómetros cuadrados a mediados de 2006 (Subero, 2009), y la distancia entre el centro urbano (plaza de Catalunya) y el punto más alejado dentro de esta área metropolitana era de 38 kilómetros. Estos pocos datos muestran la magnitud y la complejidad que tiene el aproximarse a un área metropolitana en la que viven 4,2 millones de habitantes (Julià, 2006).

Figura 1. Área metropolitana de Barcelona y superficie urbanizada



Fuente: Subero (2009)

Esta área metropolitana está servida por una **red de transportes** compleja de cuyo proceso de generación ya se ha ido hablando y en la que existen diferentes operadores. En el caso de Barcelona, Transports Metropolitans de Barcelona (TMB), Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC) y Rodalies de Catalunya (antiguas líneas Renfe) son los tres operadores o servicios de transporte que acaban formando la red compleja. Ésta en total está compuesta por más de una veintena de líneas que suman 551 kilómetros de vías para el transporte colectivo ferroviario (Julià, 2006) y satisfacen las demandas de movilidad del área metropolitana.

Para poder obtener información de la red es necesario modelizarla en un proceso que da lugar a un grafo como el expuesto en la figura 3. Dicho grafo está compuesto por 219 estaciones y 244 tramos de red que unen esas estaciones articulando la red de transporte ferroviaria del área metropolitana de Barcelona.

La modelización topológica de la red de Barcelona permite identificar algunos indicadores relacionados con el funcionamiento de la red ferroviaria. Sin embargo, para obtener un conocimiento todavía más preciso de la propia red es necesario identificar otros parámetros funcionales de la misma, especialmente los tiempos de viaje. Para ello es necesario construir una matriz de tiempos de viaje que permita determinar lo que cuesta llegar de cada punto de la red de transporte a otro punto de la misma. Esta aproximación a los tiempos de viaje parte del conocimiento de la geometría de la red y de las velocidades comerciales de los modos de transporte.

Figura 2. Red ferroviaria de Barcelona



Fuente: TMB 2015¹

1.3.1. Indicadores de oferta

Mediante la modelización de la red se pueden determinar una serie de parámetros de utilidad para estudiar tanto la propia evolución y planificación de la red de transporte como la comparación de la misma con otras redes de transporte similares. De esta forma, la red de transporte de Barcelona tiene unas características asociadas a numerosos **indicadores**, algunos de los cuales se muestran a continuación (Subero, 2009):

- Índice de accesibilidad = 73,11
Es el tiempo medio de desplazamiento entre las estaciones de la red.
- Índice de accesibilidad sintético = 0,185
Es el tiempo medio de desplazamiento entre las estaciones de la red dividido entre la superficie urbanizada del área metropolitana.

1 TMB (2015): <http://www.tmb.cat/es/mapa-metro-barcelona> (última visita: 15 de junio de 2015).

- Índice de cobertura = 11,02
Representa la utilidad de la red, y su formulación combina la frecuencia de paso de los servicios de transporte por cada estación y la superficie servida por cada una de esas estaciones.
- Índice de fractalidad = 0,379
Representa la eficiencia con la que la red de estaciones cubre el espacio metropolitano.
- Índice de densidad = 0,46
Es la relación entre el área urbanizada cubierta por transporte ferroviario y la superficie metropolitana total urbanizada.
- Indicadores de conectividad:
 - $\beta = 1,14$
 - $NC = 24$
 - $\alpha = 0,055$
 - $\gamma = 0,375$
- Índice de inversión relativa = 1,18
Es un ratio entre los kilómetros de transporte ferroviario y los kilómetros de autopistas construidos dentro del área metropolitana.
- Índice de *urban sprawl* = 6,88
Es el ratio entre el área ocupada por la ciudad (entendida como un círculo con radio la distancia desde el centro de la ciudad hasta el punto más alejado de ese centro del área metropolitana) y la superficie realmente edificada.

Figura 3. Grafo de la red ferroviaria de Barcelona



Fuente: Subero (2009)

Como se puede observar, el abanico de indicadores es amplio y esta es solo una pequeña muestra de todos los que se pueden barajar para llegar a comprender el desempeño de la red de transporte dentro de un área metropolitana.

Para dotar de contenido a la formulación de los indicadores nos vamos a detener brevemente en el análisis de los indicadores de conectividad, fractalidad y densidad (similar a la cobertura simple). En este caso, si atendemos al indicador de **conectividad** se puede observar que existe un número elevado de ramales de la red realizados y en funcionamiento, el 37,5% del total de los posibles. Por el contrario, no existe un número elevado de circuitos cerrados, el 5,5% de los totales (24). Si se observa la red (figura 3) se ve como su configuración es fundamentalmente radial. Este hecho produce que los circuitos cerrados se concentren en el centro del área urbana pero que en la periferia no existan líneas concéntricas de conexión que permitan circulaciones sin pasar por el centro. Así, la configuración espacial de la red explica en buena parte los resultados del indicador

de conectividad e indicaría zonas en las que se podría pensar en actuar en un futuro. De hecho, algunas de las últimas intervenciones en la red de metro, como la línea 9 (y que no se reflejan en el grafo adjunto por ser posteriores a su realización), se han centrado en cerrar algunas de estas circulaciones dotando al conjunto de la red de mayor conectividad, al menos en su zona central.

Este hecho se ve refrendado a través del estudio del indicador de **fractalidad**. Si en vez de coger el indicador de fractalidad como un elemento global para toda la red, lo dividimos y agrupamos según coronas circulares con características fractales homogéneas, se pueden identificar tres zonas con características semejantes con bastante claridad, según lo expuesto en la tabla 1.

Tabla 1. Intervalos de red ferroviaria de Barcelona con fractalidad semejante

Red ferroviaria Barcelona	Intervalo (km)	Fractalidad
Tramo 1	1-6	0,6698
Tramo 2	7-15	0,2498
Tramo 3	16-38	0,1619

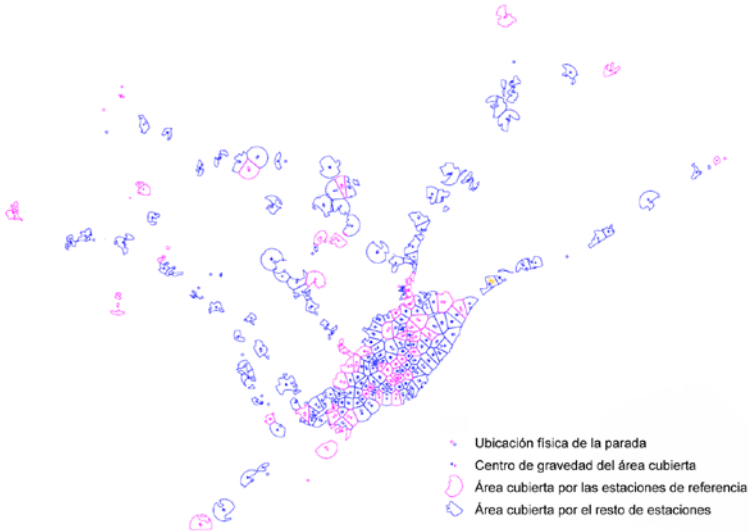
Fuente: Subero (2009)

En este caso se observa como la fractalidad de la zona central del área metropolitana es muy superior a la del resto del área metropolitana. Por tanto, en este caso el indicador de fractalidad viene a apuntar en el mismo sentido que el indicador de conectividad, y además muestra las zonas en las que debería existir un mejor desempeño de la red de transporte, que son las del centro urbano. Igualmente, esta diferenciación de zonas también da pistas para poder ligar la red actual con su desarrollo histórico por zonas.

Por otro lado, atendiendo al indicador de **densidad** se observa que el 46% de la superficie metropolitana de Barcelona está eficientemente cubierta por la red ferroviaria. Teniendo en cuenta que la superficie del área metropolitana era de 395,46 km², la cobertura simple del área metropolitana de Barcelona es de 181,96 km²; es de-

cir, 181,96 km² del área metropolitana de Barcelona que están urbanizados tienen una estación de ferrocarril a menos de 1 km. Si dividimos esta superficie entre el número total de estaciones, que es 219, obtenemos que cada estación de media cubre 0,83 km². Si comparamos esta superficie con la de una circunferencia de radio 1 km (2,47 km²), que es como se ha definido la cobertura simple de una estación, se observa como las estaciones de Barcelona únicamente aprovechan de media el 33,6% del territorio al que podrían servir eficientemente.

Figura 4. Cobertura simple de la red ferroviaria de Barcelona



Fuente: Subero (2009)

Este hecho tiene dos explicaciones y ambas se observan en la figura 4. Por un lado, es normal que en los centros de las ciudades, que son densos, la cobertura de las estaciones sea menor de lo previsto, ya que las estaciones se encuentran más cercanas unas de otras. Pero por otro lado, también se puede observar como en la periferia existen estaciones que apenas cubren superficie urbanizada. Esto es debido a que en muchos casos las estaciones están ubicadas en zonas lejanas al centro urbano y gran parte de la cobertura potencial de es-

tas estaciones recae sobre terrenos rústicos en los que no vive nadie al no estar urbanizados.

Estas son solo algunas de las lecturas que se pueden extraer de la lectura de los indicadores de oferta de transporte manejados a lo largo de este estudio de caso y que ayudan a comprender el desempeño de la red ferroviaria de Barcelona. La batería de indicadores es grande y desde luego que da para numerosas interpretaciones; sin embargo, la cuestión clave es entender cómo la definición y elección de algunas características físicas de las redes de transporte permite aproximarse a ellas para alcanzar un entendimiento analítico de las mismas.

1.3.2. Indicadores de demanda

Del mismo modo que se han calculado indicadores de oferta para poder contrastar la red con otras similares, se puede también testar algunos indicadores de demanda que permitan evidenciar la utilidad y la capacidad de la red, es decir, cuantificar su uso.

Atendiendo a los datos generales de movilidad de la Región Metropolitana de Barcelona² se constata que diariamente se producen casi 16 millones de viajes, lo que supone un ratio de 3,7 viajes por persona y día laborable.

De estos viajes, prácticamente la mitad utilizan como **modo de transporte** predominante el no motorizado (49,1%), lo que agrupa peatones (más del 95%) y bicicletas. El segundo modo de transporte en importancia es el vehículo privado motorizado (32%), que puede dividirse en coches (casi el 90%), motos u otros vehículos comerciales. Y, finalmente, un 18,9% afirma que utiliza el transporte público: modos ferroviarios (61,3%), autobús (36,7%) y otros.

En cuanto al **motivo de desplazamiento**, la encuesta diferencia entre cuatro grandes grupos: ida ocupacional (16%), ida personal

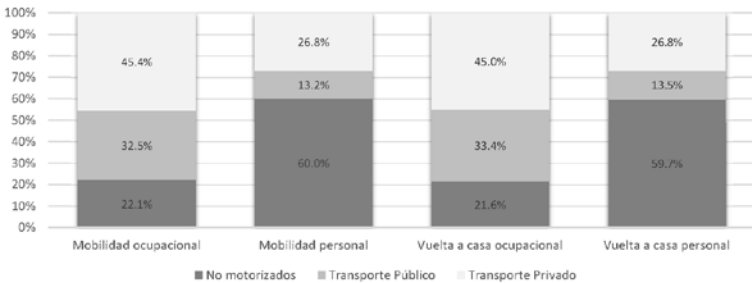
2 Obtenidos a partir de la encuesta de movilidad en día laborable EMEF 2013, encargada por la ATM, el AMB y el Ayuntamiento de Barcelona.

(40%), vuelta ocupacional (12,4%) y vuelta personal (31,6%). Es decir, clasifica viajes de trabajo, estudios, compras, visitas al médico, encuentros familiares, acompañamiento de personas, ocio, paseo, etc. Correlacionando estos grupos con los modos de transporte obtenemos la categorización de la figura 5. Esta demuestra que los modos vinculados al transporte público tienen una cuota modal relativamente alta cuando se trata de movilidad ocupacional por estudios o trabajo (32,5 y 33,4%). Sin embargo, en los viajes personales baja de forma sustancial su utilización (13,2 y 13,5%).

Lo interesante de este análisis es poder comprobar como los principales motivos inductores de movilidad en Barcelona no son trabajo y estudios, sino los vinculados a la movilidad considerada como personal. Esta apreciación pone en cuestión el tradicional modo de estudiar la movilidad urbana y los sistemas de transporte, en los que únicamente se ponía la atención en los viajes ocupacionales.

Igualmente interesa entender la **distribución horaria** de los desplazamientos. La misma encuesta permite entender cómo se distribuyen los viajes a lo largo del día. Contrariamente a lo que estábamos acostumbrados, las puntas de movilidad no se producen durante el acceso y salida del trabajo, sino que la movilidad se distribuye de forma más o menos uniforme entre las ocho de la mañana y las nueve de la noche. El pico, como se puede observar en la figura 6, se produce alrededor de las seis de la tarde.

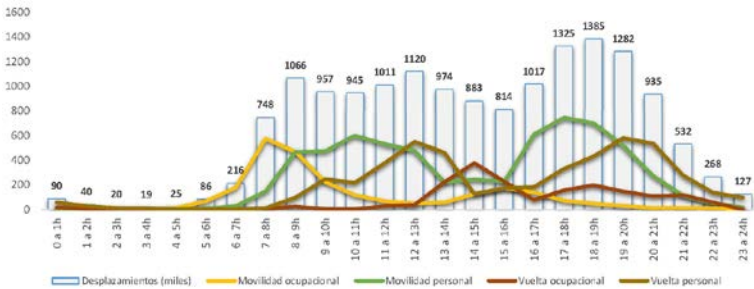
Figura 5. Distribución modal de la movilidad por motivos de desplazamiento



Fuente: elaboración propia a partir de EMEF 2013

Lógicamente, este cambio de paradigma respecto a los análisis que han venido siendo habituales, de concentración de puntas en el acceso y salida del trabajo, se debe al hecho de que años atrás solo se estudiaba la movilidad ocupacional. Se obviaba de este modo más del 70% de viajes, que representan los motivos personales. Este mismo criterio, además, es el que ha servido para explicar el dimensionado infraestructural de importantes vías urbanas focalizadas en el tránsito automotor, que a su vez han dificultado los modos de transporte mayoritarios.

Figura 6. Distribución horaria de la movilidad en la RMB

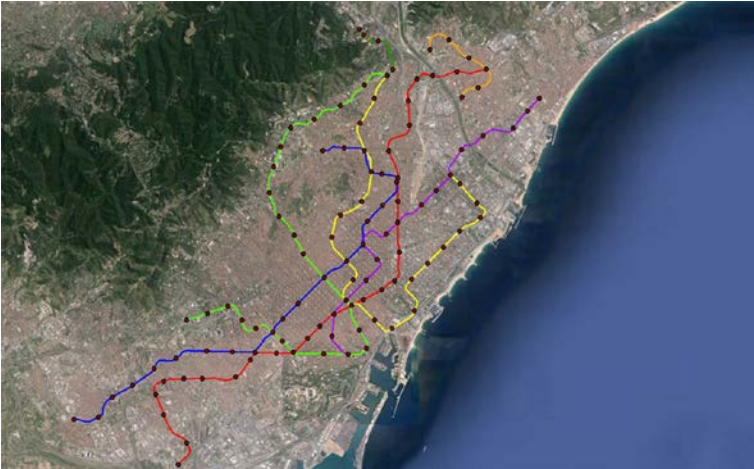


Fuente: elaboración propia a partir de EMEF 2013

1.4. Análisis de una red urbana: el metro

Centrando de nuevo la atención en el transporte público mediante modos ferroviarios, pero considerando esta vez la escala urbana de Barcelona y no la metropolitana, se ha procedido a la reconstrucción de la red de metro de la ciudad. La finalidad de este segundo estudio es poner el foco en las dinámicas urbanas así como plantear indicadores de carácter más local.

Figura 7. Red de metro de Barcelona



Fuente: propia (datos de TMB sobre Google Earth)

La reconstrucción de la red mediante SIG permite graficar las 8 líneas existentes y sus 117 paradas asociadas, obteniendo una red total de 97,7 km de longitud.

La frecuencia de paso de los servicios de metro en las diferentes líneas se sitúa entre los 2 min 44 s de la L2 y los 7 min 30 s de la L11. Realizando la media de frecuencia entre el total de líneas asociadas se obtiene un tiempo medio de paso cercano a los 4 min 30 s (0,075 h). Atendiendo a la frecuencia de cada línea en hora punta, se puede estimar el número total de convoyes que circulan por toda la red: 135 en el caso de Barcelona. Si se considera la capacidad indicada por el operador de 183 pasajeros por vehículo y una media de 4,6 vehículos por convoy, se puede calcular (multiplicando los anteriores valores) la **capacidad total** de plazas de la red en hora punta: 113.643.

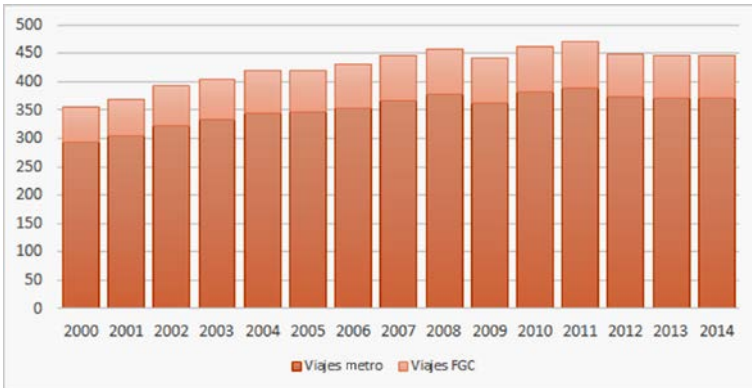
Tabla 2. Parámetros e indicadores relacionados con la oferta de viajes en metro de Barcelona

Indicador	Datos	Unidades	Año	Fuente
Longitud	97.692	metros	2014	Elaboración propia
Líneas	8	unidades	-	Elaboración propia
Estaciones	117	unidades	-	Elaboración propia
Frecuencia media (HP)	0,075	horas	2012	«Dades bàsiques de TMB». TMB, 31/12/12
Convoyes total	135	convoyes (HP)		«Dades bàsiques de TMB». TMB, 31/12/12
Capacidad coche	183	plazas/coche	2012	«Dades bàsiques de TMB». TMB, 31/12/12
Núm. coches/convoy	4,6	coches/convoy	2012	Elaboración propia
Capacidad HP	113.643	plazas (HP)		

Conocida la capacidad de transporte de viajeros de la red de metro, cobra especial interés determinar el número de pasajeros que realmente pretenden utilizarla. De este modo se puede llegar a determinar si el número de plazas ofertado es suficiente, así como el nivel de servicio.

La ATM de Barcelona permite obtener datos agregados sobre el volumen total de pasajeros anuales que transportan el metro y los ferrocarriles metropolitanos (FGC). Desde el año 2000 hasta la actualidad, la red de metro ha pasado de 300 a casi 400 millones de usuarios con una evolución tendencial creciente y con cierto estancamiento en los últimos años. Si añadimos a estos datos los viajeros de la red complementaria de FGC, que oscilan entre los 60 y los 85 millones, se obtiene un total de casi 450 millones de viajes en 2014.

Figura 8. Viajeros totales del sistema metro-FGC de Barcelona



Fuente: TransMet, ATM

En base a estos datos se puede calcular una aproximación a la demanda diaria punta y contrastar el nivel de servicio que ofrece el metro de la Ciudad Condal.

Tomando como referencia los datos de 2014, la red de metro transportaba casi 370 millones de pasajeros anuales. De forma aproximada, se puede dividir el total de viajes entre el número total de días que tiene el año, de modo que se obtiene una demanda diaria ligeramente superior al millón de viajes al día. Considerando un coeficiente habitual utilizado para dimensionar los servicios en **hora punta** del 10% del total de los viajes diarios, se obtienen unos 101.354 viajes en hora punta.

Tabla 3. Parámetros e indicadores relacionados con la demanda de viajes en metro de Barcelona

Concepto	Datos	Unidades	Año	Fuente
Viajes anuales	369.940.000	personas	2014	«TransMet Xifres 2014». ATM
Viajes diarios	1.013.534	personas		
Coeficiente HP	0,1		2013	Encuesta EMEF 2013
Demanda HP	101.353	personas		

Comparando ambos resultados, se observa que la demanda es ligeramente inferior a la oferta de plazas de metro. El **nivel de servicio**,³ obtenido como división entre ambos datos (demanda/capacidad), muestra un valor cercano a 0,9, lo que supondría un nivel de servicio E. De este modo, se puede concluir que la red está cercana a la saturación pero todavía tiene un poco de margen para contener pequeños incrementos de demanda. Cuidado, esto no significa que no existan determinados vagones que sí circulan sobresaturados y ofreciendo un nivel de servicio deficiente (F). Este valor indica que en líneas generales, el sistema es capaz de soportar la demanda que recibe en hora punta sin colapsar.

Tabla 4. Cálculo del nivel de servicio asociado al metro de Barcelona en hora punta

Capacidad HP	113.643	plazas
Demanda HP	101.353	personas
Nivel de servicio	0.89 (E)	

Lógicamente, es necesario comprender que los datos aquí calculados representan una estimación y no son exactos, de modo que los resultados mostrados podrían albergar cierta variabilidad. Para poder controlar este efecto sería necesario poder trabajar con datos más detallados de la demanda de pasajeros. De hecho, existen sistemas de tarificación que son capaces de cuantificar no solo las entradas en la red sino también las salidas. Incluso se pueden captar datos de las líneas de deseo de los usuarios, controlando su entrada y salida en el sistema.

3 El nivel de servicio es un indicador que nos informa de la relación entre la demanda real asignada a una determinada infraestructura y la capacidad ofertada de transporte (nivel de servicio = uso/capacidad). Valores pertenecientes al intervalo 0-20% muestran infraestructuras infrutilizadas con mucha oferta para poca demanda, y se consideran nivel de servicio A. Valores entre el 20 y el 40% representan un mejor aprovechamiento y constituyen el nivel de servicio B. Así se seguirían definiendo niveles de servicio hasta llegar al nivel de servicio E, 80-100%, que representa el nivel próximo al colapso. Valores superiores al 100%, nivel F, representan niveles de servicio deficientes, con mucha más demanda que plazas ofertadas. Esto supone viajar en condiciones precarias y sin confort.

Estos nuevos sistemas son, por tanto, la base que nos puede permitir trabajar a escala más detallada. Como planificadores de la movilidad urbana esto nos ofrece nuevos datos, que son alternativas para el diseño del transporte entre nodos con alta demanda de viajes. Al mismo tiempo estos datos permiten gestionar las redes actuales intentando adaptar iterativamente la oferta de transporte a la demanda real de usuarios. En este sentido, el papel de las TIC en la gestión de las redes de transporte público gana peso de forma gradual, y la adaptación de las operadoras a los nuevos sistemas es solo cuestión de tiempo.

1.5. Los nodos de interconexión: la estación intermodal Arc de Triomf

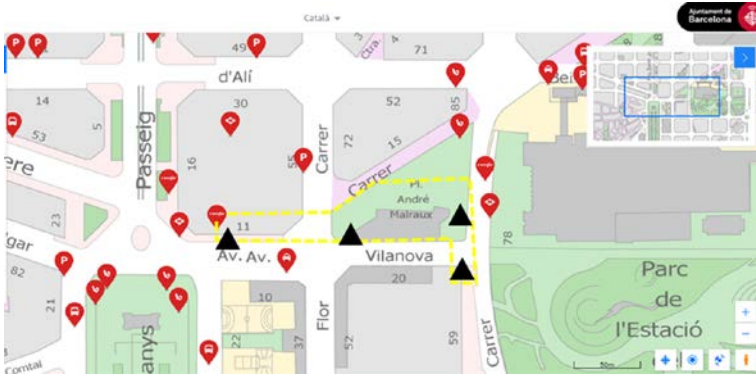
Continuando con el cálculo anterior, una simple división de la demanda total en hora punta entre el número de estaciones nos indica que cada estación barcelonesa estaría recibiendo de media 866 viajeros. Y entendiendo la importancia de las estaciones centrales como nodo de atracción de viajes, se podría asumir que algunas estaciones estarían recibiendo más de 1.500 viajeros por hora. Esta cifra no es para nada despreciable, sobre todo teniendo en cuenta que buena parte de estos viajeros no terminan su viaje en la estación sino que deben tomar otros modos de transporte al llegar.

Un claro ejemplo de ello sería la estación de Arc de Triomf. La céntrica estación barcelonesa es una de las que recibe mayor carga de viajeros de la red. Su pertenencia tanto a la red de metro (L1) como a los ferrocarriles de Cercanías catalanes (R1, R3, R4 y R12) la convierten en un importante nodo intermodal. Este papel se refuerza si consideramos la cercana estación de autobuses de Barcelona Estació del Nord, situada a escasos 100 metros de la salida de Arc de Triomf, que conecta Barcelona con diferentes ciudades españolas.

El conjunto de usuarios que llegan a la estación deben ser, por tanto, conducidos hacia otros modos de transporte complementarios de la mejor manera posible para favorecer la intermodalidad. Analizando el plano de servicios del Ayuntamiento de Barcelona, se observan

los diferentes servicios que existen alrededor de la estación Arc de Triomf.

Figura 9. Entorno de la estación intermodal Arc de Triomf de Barcelona



Fuente: Plànolbcn

En primer lugar, y como modo que está ganando cuota modal progresivamente, encontramos varias estaciones de Bicing, es decir, del **sistema de bicicletas públicas**. Sumando el total de plazas, se superan el centenar de bicicletas disponibles a menos de 100 metros de las diferentes salidas de la estación de Arc de Triomf.

Lógicamente, la red de **autobuses urbanos** de la ciudad tampoco es ajena a la estación. Alrededor de la misma se dispone de paradas tanto de la red de autobuses convencional (39, 40, 42, 51, 54, B20, etc.) como de la nueva red ortogonal (H16).

Del mismo modo, tanto en la salida de la avenida Vilanova como en la salida de la calle Nàpols se encuentran dos **paradas de taxis** con un número importante de plazas de estacionamiento. Incluso se podría decir que en determinados momentos sería necesario incrementar algunas plazas para poder dar respuesta a la gran cantidad de taxis requeridos.

En cuarto lugar, tanto el Passeig de Lluís Companys como la Estació del Nord disponen de **aparcamiento subterráneo** para vehículos privados motorizados. De este modo se facilita también la intermo-

dalidad entre ambas redes a modo de *park and ride*. Otros estacionamientos privados ofrecen también plazas de alquiler en las inmediaciones.

Estos mismos estacionamientos no son utilizados solamente por vehículos privados. Las recientes tendencias en la movilidad metropolitana han obligado a los gestores a habilitar plazas para **Bicing eléctrico**, **coches eléctricos** y **carsharing**. Las dos primeras tipologías requieren de sistemas de carga difícilmente disponibles aún en vía pública. Mientras, el *carsharing* va ganando fuerza como modo de compartir la propiedad del vehículo, principalmente entre las empresas y sus empleados.

Y por último, lógicamente, se facilita también la movilidad de aquellos que prefieren optar por el modo mayoritario: el desplazamiento **a pie**. Anchas aceras remodeladas recientemente, arbolado de alineación constante para dar sombra, pasos de peatones con semáforo y habilitados para PMR,⁴ etc. Todo ello para garantizar el confort y la seguridad de aquellos que optan por este modo.

De hecho, la estación Arc de Triomf forma parte del conjunto de estaciones que, pese a su importancia, no disponen de edificio estricto que las identifique. En este caso, después de un largo período en obras de adecuación, se decidió proyectar una plaza encima del intercambiador de transporte: la plaza André Malraux. Esta dispone de una zona ajardinada, un espacio con juegos infantiles y una zona deportiva. El resto de superficie se destina a vialidad, preferentemente para peatones.

De hecho, la salida situada enfrente del Passeig de Lluís Companys todavía se encuentra en estado provisional, puesto que se optó por derribar toda la edificación existente para facilitar las obras y ahora se busca consolidar un uso urbano que permita cofinanciar las obras. Inicialmente se barajó la posibilidad de construir un hotel de lujo. No obstante, el proyecto no gustó a las entidades vecinales, que se

4 Acrónimo de Personas con Movilidad Reducida (PMR).

opusieron al mismo. Desde entonces no ha habido novedades al respecto.

1.6. Síntesis

A lo largo del presente estudio de caso se ha realizado un análisis en cascada de la movilidad ferroviaria de la ciudad de Barcelona. En los análisis los elementos de estudio planteados van ganando concreción a medida que se desciende en la escala de detalle. De esta forma el análisis metropolitano deja paso al urbano para acabar en el detalle de un elemento concreto como es el caso de un intercambiador de transporte. Este recorrido permite ir definiendo los problemas a escala metropolitana e ir ganando concreción hasta llegar a resolver un problema físico de intervención en el espacio urbano.

Los indicadores a **escala regional** permiten medir la estructura de la red y correlacionarla con la distribución de la población o de las actividades económicas. Al mismo tiempo, son imprescindibles para poder ofrecer una visión general que nos ponga en alerta ante cambios de tendencias residenciales y de movilidad a los que se deba dar respuesta. Planificar la movilidad no pasa únicamente por conseguir transportar a todos aquellos que llegan a nuestras redes de transporte público. Consiste también en evitar que determinados colectivos queden excluidos del sistema por causa de su lugar de residencia o nivel de renta. En este sentido, los análisis macroscópicos son especialmente importantes para planificar, pero también para establecer políticas socioeconómicas en pro de la movilidad metropolitana sostenible.

El segundo nivel de detalle, el **nivel urbano**, permite obtener datos más intuitivos y fáciles de comprender para los usuarios. En este caso, ya no se requiere poner el énfasis en las políticas sino que la atención está en la gestión de las redes. El control de las infraestructuras en tiempo real para minimizar las incidencias, la identificación de patrones de movilidad mediante el análisis de los datos generados por la red, la captura de información actualizada y accesible a todos los perfiles de usuario o el simple mantenimiento de la infraestruc-

tura son actividades que van ganando peso progresivamente gracias a las TIC, pero también a la mayor especialización de los gestores.

Finalmente, el **nivel de estación** es el que indica cómo se conectan las redes de transporte público con el resto de redes urbanas de movilidad. La intermodalidad toma un papel preponderante y la cantidad de opciones con las que cuenta el viajero condicionan sus diferentes etapas en la cadena de transporte. En este caso, más allá de indicadores, lo realmente interesante es analizar la relación espacial entre modos de transporte y garantizar el acceso a aquellos más demandados por la población. De este modo se facilita la movilidad y se consigue ofrecer una buena alternativa al vehículo privado motorizado atendiendo a las mejores prácticas urbanísticas.

1.7. Bibliografía

- Álvarez-Palau, E. J.; Martí-Henneberg, J.; Franch, X.** (2013). «Evolution of the Territorial Coverage of the Railway Network and its Influence on Population Growth: The Case of England and Wales, 1871–1931». *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, núm. 46(3), págs. 175-191.
- Álvarez-Palau, E. J.** (2012). «La colonización del Alto Valle del Río Negro y Neuquén en Argentina: ferrocarril, obras hidráulicas y electricidad para consolidar el poblamiento». En: *Simposio Internacional Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930*.
- Álvarez-Palau, E. J.; Hernández Asensi, M.** (2012). «La infraestructura ferroviaria como condicionante del crecimiento de la trama urbana en ciudades medianas catalanas a principios del siglo XX». En: *VI Congreso de Historia Ferroviaria*. Vitoria: Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- Bel i Queralt, G.** (2010). *España, capital París: origen y apoteosis del Estado radial: del Madrid sede cortesana a la «capital total»*. Barcelona: Ediciones Destino.
- Capel, H.** (2007). «Ferrocarril, territorio y ciudades». *Biblio 3W*, núm. XII(717), págs. 1-43.

- Derrible, S.; Kennedy, C.** (2010). «Characterizing metro networks: state, form, and structure». *Transportation*, núm. 37(2), págs. 275-297.
- Derrible, S.; Kennedy, C.** (2009). «Network Analysis of World Subway Systems Using Updated Graph Theory». *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, núm. 2112, págs. 17-25.
- Gangoles, B.** (2011): «Els territoris del negoci elèctric: el model de Pearson i la seva aplicació a São Paulo, México D.F., Rio de Janeiro i Barcelona». Tesina de Grado. ETSECCPB-UPC.
- Gattuso, D.; Miriello, E.** (2005). «Compared analysis of metro networks supported by graph theory». *Networks and Spatial Economics*, núm. 5(4), págs. 395-414.
- Julià, J.** (2006): *Redes Metropolitanas*. Agència Barcelona Regional, Editorial Gustavo Gili.
- Julià, J.; Vergés, R.** (1994). «Presente y futuro de la red ferroviaria de Barcelona: El soporte a los servicios de cercanías, regionales y largo recorrido». *Papers. Regió Metropolitana de Barcelona*, págs. 35-48.
- Martí-Henneberg, J.** (2013). «European integration and national models for railway networks (1840-2010)». *Journal of Transport Geography*, núm. 26, págs. 26-138.
- Morillas-Torné, M.** (2014). «El ferrocarril de vía estrecha en España, 1852-2010. El papel de la intermodalidad y de la demanda en su construcción y estado actual». *Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, núm. 18, pág. 485.
- Prat, J.** (1994). «El sistema ferroviario en la configuración de la región de Barcelona». *Papers: Regió Metropolitana de Barcelona: Territori, estratègies, planejament*, núm. 16, págs. 19-34.
- Salas Suades, R.** (2001). «Evolución de la red ferroviaria e influencia de esta sobre el crecimiento urbano en Barcelona y su área metropolitana». *II Congreso de Historia Ferroviaria*. Aranjuez: Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- Subero Munilla, J. M.** (2009): «Métodos de análisis de la eficacia espacial de las redes de transporte colectivo de infraestructura fija, ensayo de indicadores de oferta». Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Barcelona.

Taaffe, E. J.; Morrill, R. L.; Gould, P. R. (1963). «Transport Expansion in Underdeveloped Countries: A Comparative Analysis». *Geographical Review*, núm. 53(4), págs. 503-529.

Tarragó Cid, S. (1981). *2c Construcción de la Ciudad*, núm. 19. Argentina: Grupo 2c.

